

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ

ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

**ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΤΟΥ Π.Ε. ΓΕΩΠΟΝΟΥ ΠΑΠΑΛΕΞΗ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ**



ΒΟΛΟΣ 2011

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μαρία
(Επιβλέπουσα)

Καθηγήτρια Π.Θ.

Τζιμόπουλος Χρήστος
(Μέλος)

Ομότιμος Καθηγητής Α.Π.Θ.

Καραντούνιας Γεώργιος
(Μέλος)

Καθηγητής Γ.Π.Α.

Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή

Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μαρία
(Επιβλέπουσα)

Καθηγήτρια Π.Θ.

Τζιμόπουλος Χρήστος
(Μέλος)

Ομότιμος Καθηγητής Α.Π.Θ.

Καραντούνιας Γεώργιος
(Μέλος)

Καθηγητής Γ.Π.Α.

Δαναλάτος Νικόλαος
(Μέλος)

Καθηγητής Π.Θ.

Δημήρκου Ανθούλα
(Μέλος)

Καθηγήτρια Π.Θ.

Χαλκίδης Ηρακλής
(Μέλος)

Λέκτορας Π.Θ.

Αντωνιάδης Βασίλειος
(Μέλος)

Λέκτορας Π.Θ.

Δημήτριος Α. Παπαλέξης

**«ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ
ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ»**

ISBN

Δημήτριος Α. Παπαλέξης, 2011, «Βελτιστοποίηση της παραγωγής του ενεργειακού φυτού Σόργου με σύγχρονα συστήματα άρδευσης», Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Νέα Ιωνία, Βόλος.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το θέμα αυτής της εργασίας ήταν η εκτίμηση της ανάπτυξης και παραγωγικότητας του Γλυκού Σόργου (var. Keller), υπό το καθεστώς δύο διαφορετικών μεθόδων άρδευσης, της επιφανειακής στάγδην άρδευσης και της υπόγειας στάγδην άρδευσης, στην Κεντρική Ελλάδα, ως ενεργειακής καλλιέργειας με σκοπό την παραγωγή βίο – αιθανόλης.

Η συγκεκριμένη εργασία έλαβε χώρα σε πειραματικό αγρό ο οποίος σχεδιάστηκε στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τα έτη 2005, 2006 και 2007, αποτελούμενος από ένα πλήρως τυχαίοποιημένο πειραματικό σχέδιο τεσσάρων μεταχειρίσεων σε τέσσερις επαναλήψεις, συμπεριλαμβανομένου και του μάρτυρα (χωρίς άρδευση).

Στις μεταχειρίσεις τις επιφανειακής στάγδην άρδευσης χορηγήθηκαν στην πρώτη μεταχείριση δόσεις άρδευσης που ικανοποιούσαν το 100% της ημερήσια εξατμισοδιαπνοής και στη δεύτερη στο 80% της ημερήσια εξατμισοδιαπνοής, ενώ στην υπόγεια στάγδην άρδευση χορηγήθηκαν δόσεις μόνο στο 80% της ημερήσια εξατμισοδιαπνοής με σκοπό την μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας της άρδευσης και την καλύτερη εξοικονόμηση του αρδευτικού νερού.

Στο σύνολο της η άρδευση πραγματοποιήθηκε απολύτως αυτοματοποιημένα και οι δόσεις της καθορίστηκαν με βάση εξατμισόμετρο τύπου A αποσκοπώντας στην πλήρη κάλυψη των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό.

Η ανάπτυξη της καλλιέργειας, για το σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου, προσδιορίστηκε βάσει των μετρήσεων του ύψους και της φυλλικής επιφάνειας των φυτών.

Ο προσδιορισμός της παραγωγής σε χλωρή και ξηρή βιομάζα πραγματοποιήθηκε με έξι στελεχοκοπές, καλύπτοντας έτσι ολόκληρη την αναπτυξιακή και παραγωγική διαδικασία της καλλιέργειας.

Τα αποτελέσματα από την ολοκλήρωση του έργου ανέδειξαν μία ανωτερότητα της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι της επιφανειακής στάγδην, σε μέσους όρους ύψους φυτών, ανάπτυξη φυλλώματος, παραγωγή σε χλωρή και ξηρή βιομάζα, και αποδοτικότητα της άρδευσης, για ισόποσες δόσεις άρδευσης.

Η μέγιστη παραγωγή επιτεύχθηκε στα μέσα Σεπτεμβρίου, πριν την τελική ωρίμανση της καλλιέργειας, γεγονός το οποίο πρέπει να τύχει ιδιαίτερης προσοχής με γνώμονα την επιλογή του βέλτιστου χρόνου συγκομιδής. Μετά τα τέλη Σεπτεμβρίου, αρνητικοί ρυθμοί ανάπτυξης έκαναν την εμφάνιση τους, έχοντας ως αποτέλεσμα τις μειωμένες αποδόσεις σε παραγωγή χλωρής και ξηρής βιομάζας.

ABSTRACT

The subject of this project was to estimate the growth and productivity of sweet sorghum [*Sorghum bicolor* (L.)] var. Keller, under two different irrigation methods the conventional surface drip method and the subsurface drip method, in Central Greece, as an energy crop for the production of bio-ethanol.

A field experiment was carried out on the experimental farm of the University of Thessaly during the years of 2005, 2006 and 2007, comprising of a completely randomized block design with four treatments in four blocks, including control (non-irrigated).

In the treatments of surface drip method the evapotranspiration needs were satisfied by using full (100% ET_m) and supplement (80% ET_m) irrigation doses, while in the treatments of subsurface drip method only supplement irrigation water was used (80% ET_m) with the aim of more efficient water conservation. \

Irrigation was fully automated, and application depths were determined, using a class A open evaporation pan for matching the evapotranspiration needs.

The growth of the crop was measured by means of plant height and leaf area index, which were determined periodically throughout the growing period.

Fresh and dry biomass productions were measured over six harvests covering the entire growth and production process of cultivation.

The results of this year's research demonstrated a clear superiority of the subsurface drip method on plant heights, leaf area index, total fresh and dry biomass production, and water use efficiency (W.U.E.), compared with the surface drip method for equal values of irrigation water.

Maximum yield was attained by mid-September, before crop maturation, something which should be taken into consideration when choosing the best harvesting time of the crop. After late September, large negative growth rates were recorded, resulting in an appreciable drop in the final fresh and dry matter yield.

Πρόλογος και Ευχαριστίες

Υπάρχουν στιγμές στη ζωή ενός ανθρώπου που του απευθύνουν τη κοινότητα αλλά και παράλληλα άστοχη ερώτηση «εάν θα αλλάζατε κάτι στη ζωή σας μέχρι και σήμερα;». Σαφώς και υπάρχουν στιγμές στη ζωή μου και στη καριέρα μου που έκανα σοβαρά λάθη, που παρεξήγησα, που δεν κατάλαβα τα αισθήματα ή τις προθέσεις κάποιων ανθρώπων, αλλά σε καμία περίπτωση δεν θα μετανιώσω για το χρόνο που αφιέρωσα για την ολοκλήρωση αυτού του έργου. Γιατί μου δόθηκε η δυνατότητα να γνωρίσω διάφορους ανθρώπους και εμπειρίες που με ώθησαν να πραγματοποιήσω τα όνειρα μου. Τους ανθρώπους αυτούς έχω την υποχρέωση να ευχαριστήσω δημόσια για την υπομονή τους, την ευγένεια και την καλοσύνη με την οποία με περιέβαλαν και με ώθησαν να ολοκληρώσω τη Διδακτορική μου διατριβή.

Η παρούσα λοιπόν διδακτορική διατριβή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια ερευνητικών δραστηριοτήτων που διεξάγει το εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Το θέμα της διδακτορικής διατριβής μου δόθηκε από την καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας του τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος και Δ/ντρια του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής κυρία Μαρία Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη.

Αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την Καθηγήτρια κυρία Μαρία Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη για την οργάνωση και παρακολούθηση της διατριβής μου σε ολόκληρη την πορεία της, καθώς επίσης και για την πολύτιμη και ουσιαστική συμβολή της στην επίλυση των θεωρητικών και πειραματικών προβλημάτων που παρουσιάστηκαν κατά καιρούς. Την ευχαριστώ για την ηθική της υποστήριξη και την κριτική που άσκησε πριν την ολοκλήρωση της τελικής μορφής του κειμένου της διατριβής μου, αλλά και την αμέριστη συμπαράσταση της καθ' όλη τη διάρκεια του ερευνητικού έργου. Ως καθηγήτρια του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με ώθησε να ασχοληθώ με τα σπουδαία ερευνητικά πεδία της επιστήμης που πρεσβεύει και την ευχαριστώ θερμά για την αγάπη και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε από τα πρώτα κίολας βήματα μου ως μεταπτυχιακός φοιτητής της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Τον Ομότιμο Καθηγητή κύριο Χρήστο Τζιμόπουλο, ευχαριστώ για τη σημαντική βοήθεια του στη οργάνωση του πειραματικού κομματιού της διατριβής μου και για τις ουσιαστικές του υποδείξεις στην επεξήγηση των στατιστικών αποτελεσμάτων αυτής. Η καθοδήγηση του καθ' όλη τη διάρκεια του έργου υπήρξε καθοριστική και ουσιαστική για την ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας. Θέλω να των ευχαριστήσω επίσης για τις υπέροχες και εποικοδομητικές συζητήσεις μας.

Τον Καθηγητή κύριο Γεώργιο Καραντούνια, ευχαριστώ θερμά για το χρόνο που αφιέρωσε στα διάφορα στάδια της διατριβής μου, για τις σημαντικές του

υποδείξεις και την εποικοδομητική κριτική που άσκησε καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, για την ηθική και πολλές φορές φιλική του συμπαράσταση σε όλες τις δύσκολες στιγμές του έργου μου.

Επίσης, θα ήθελα από καρδιάς, να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής μου επιτροπής, τον καθηγητή κύριο Νικόλαο Δαναλάτο, της καθηγήτρια κυρία Ανθούλα Δημήτρου και τους Λέκτορες κυρίους Ηρακλή Χαλκίδη και Βασίλειο Αντωνιάδη για το χρόνο που αφιέρωσαν στην εξέταση και στη διόρθωση της Διδακτορικής μου Διατριβής.

Τους συναδέλφους Νικόλαο Νάκο και Αθανάσιο Δαλακούρα καθώς επίσης και τους φοιτητές Σωτήριο Κουνή και Αθανάσιο Παπαπαύλο ευχαριστώ για τη σημαντική τους βοήθεια στην εγκατάσταση του πειράματος και για τη συμμετοχή τους στην συγκέντρωση μερικών εκ των βασικών στοιχείων της έρευνας. Τους εύχομαι από καρδιάς καλή σταδιοδρομία και μεγαλύτερες επιτυχίες στο μέλλον.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την ερευνήτρια κυρία Ευθυμία Αλεξοπούλου του τομέα Βιομάζας του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για τη σημαντική συμβολή της στην ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής.

Η παρούσα διατριβή ήλθε εις πέρας, χάρις στο πνεύμα συνεργασίας και στη φιλική διάθεση που έδειξαν οι κύριοι Νίκος Παπανίκος και Σπύρος Σουίπας και οι εργαζόμενοι και εργαζόμενες στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

Ευχαριστώ τον πατέρα μου Αλκίνοο Παπαλέξη, καθώς επίσης και την μητέρα μου Μαγδαληνή και την θεία μου Αικατερίνη, που με προσέχουν τώρα από εκεί ψηλά, για την αγάπη και την ηθική τους συμπαράσταση στις δύσκολες στιγμές της ζωής μου, και αισθάνομαι την ανάγκη να μοιραστώ μαζί τους τη χαρά και τη συγκίνηση από την ολοκλήρωση αυτού του σημαντικού έργου.

Παραδίδω, ως πνευματική κληρονομιά, την εργασία αυτή στην μικρή μου κορούλα και όταν με το καλό μεγαλώσει, διαβάζοντας την, ελπίζω, να δείξει κατανόηση στον πατέρα της για το χρόνο που δεν την κράτησε αγκαλιά.

Καθώς η ζωή του κάθε ανθρώπου δεν μετριέται από τις ανάσες που αναγκάστηκε να πάρει για να ζήσει αλλά από τις στιγμές που του έκοψαν την ανάσα, αφιερώνω το σύνολο του έργου μου στη πολυαγαπημένη μου γυναίκα και σύντροφο της ζωής μου Έφη για την βοήθεια της στην ολοκλήρωση της διατριβής, την υπομονή της, τη συγχώρεση της και πάνω από όλα για την αγάπη της.

*Νυνί δε μένει πίστις, ελπίς, αγάπη,
τα τρία ταύτα μείζων δε τούτων
η αγάπη.*

*Απόστολος Παύλος -
Η προς Κορινθίους Επιστολή Πρώτη
(Κεφάλαιο ιγ', Στίχος ιγ').*

Στη Έφη την αγάπη της ζωής μου

ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

ΠΡΟΣΩΠΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Επώνυμο:	Παπαλέξης
Όνομα:	Δημήτριος
Όνομα πατρός:	Αλκίνοος
Όνομα μητρός:	Μαγδαληνή
Ημερομηνία γέννησης:	20 Αυγούστου 1973
Διεύθυνση κατοικίας:	Ευρυτανίας 16, Τ.Κ. 115 23, Αμπελόκηποι, Αθήνα
Τηλέφωνο:	6972551120, 2106983218
E-mail:	jle932002@yahoo.gr / jimrapalexis@gmail.com
Οικογενειακή κατάσταση:	Παντρεμένος με την Ιατρό Ενδοκρινολόγο Τσιαπάλη Ευθυμία, πατέρας μίας κόρης

ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Ιούνιος 1991:	Αποφοίτηση από το Γενικό Λύκειο Αμπελώνα Βαθμός απολυτηρίου: με το χαρακτηρισμό "αρκετά καλά"
Σεπτέμβριος 1991:	Εισαγωγή, μετά από πανελλαδικές εξετάσεις, στο Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών πρώην Εγγείων Βελτιώσεων & Γεωργικής Μηχανικής
Οκτώβριος 1998:	Αποφοίτηση από το Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής του Γ.Π.Α.. Οι σπουδές στο τμήμα περιλάμβαναν 9 εξάμηνα διδασκαλίας και 1 εξάμηνο για την ολοκλήρωση της πτυχιακής διατριβής. Πτυχίο: Γεωπόνου Π.Ε. Ειδικότητα: Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Βαθμός Πτυχίου: Λίαν Καλώς 6 & 61/100. Πτυχιακή διατριβή με θέμα: "Οργάνωση και λειτουργία χοιροτροφικής μονάδας δυναμικότητας 125 χοιρομητέρων στην περιοχή της Λάρισας" – βαθμός προπτυχιακής εργασίας 8.
Σεπτέμβριος 2001:	Εισαγωγή, μετά από εξετάσεις στο διατμηματικό πρόγραμμα των μεταπτυχιακών σπουδών της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με τίτλο "Σύγχρονα συστήματα αγροτικής παραγωγής στο μεσογειακό χώρο με έμφαση στην αειφορική παραγωγή και τη χρησιμοποίηση νέων τεχνολογιών"
Νοέμβριος 2003:	Αποφοίτηση από το διατμηματικό πρόγραμμα των μεταπτυχιακών σπουδών της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Οι σπουδές περιλάμβαναν 3 εξάμηνα διδασκαλίας και 1 εξάμηνο για την πραγματοποίηση της μεταπτυχιακής διατριβής. Πτυχίο: Master of Science Κατεύθυνση: Γεωργική Μηχανική - Διαχείριση Φυσικών Πόρων Ειδικότητα: Διαχείριση Υδατικών Πόρων Βαθμός Πτυχίου: Άριστα 9 & 34/100 (πρωτεύσας)

Απρίλιος 2003 - Νοέμβριος 2003:	Μεταπτυχιακή διατριβή με θέμα: "Η επίδραση σύγχρονων και παραδοσιακών μεθόδων άρδευσης στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα της ενεργειακής καλλιέργειας του ινώδους σόργου στην κεντρική Ελλάδα" – βαθμός μεταπτυχιακής εργασίας 10.
Ιανουάριος 2005:	Υποψήφιος Διδάκτορας του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με θέμα Διδακτορικής Διατριβής: «Βελτιστοποίηση της παραγωγής του ενεργειακού φυτού σόργου με σύγχρονα συστήματα άρδευσης».
Μάιος 2010:	Υποβολή διδακτορικής εργασίας – Σε αναμονή της τελικής εξέτασης από την 7μελή επιτροπή των Πανεπιστημίων Θεσσαλίας – Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών – Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

ΞΕΝΕΣ ΓΛΩΣΣΕΣ

Μάιος 2001:	Michigan Certificate of Competency in English, University of Michigan
-------------	---

ΑΔΕΙΑ ΑΣΚΗΣΕΩΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΟΣ

Σεπτέμβριος 2002:	Απόκτηση άδειας ασκήσεως επαγγέλματος Γεωτεχνικού
-------------------	---

ΧΡΗΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

Λειτουργικό σύστημα:	WINDOWS 98, 2000 Professional, XP, Vista
Επεξεργασία κειμένου:	Microsoft Word 2000 Expert (πτυχίο MOS)
Επεξεργασία αριθμητικών δεδομένων:	Microsoft Excel 2000 Expert (πτυχίο MOS), SPSS, SURFER
Παρουσίαση δεδομένων:	Microsoft PowerPoint 2000 Expert (πτυχίο MOS)
Δημιουργία βάσης δεδομένων:	Microsoft Access Expert (πτυχίο MOS), Cosmosoft
Διαδίκτυο:	Microsoft Outlook 2000 Expert (πτυχίο MOS)

ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗ

1.Σχετικά με την ειδικότητα του Γεωπόνου	
24-27 Απριλίου 1996:	Παρακολούθηση του 2 ^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου του ΓΕΩΤ.Ε.Ε. με θέμα "Έγγειοβελτιωτικά έργα – Διαχείριση υδατικών πόρων – Εκμηχάνιση γεωργίας" που πραγματοποιήθηκε στον συνεδριακό κέντρο του Τ.Ε.Ι. Λάρισας.
28-30 Σεπτεμβρίου 2000:	Παρακολούθηση του 2 ^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής της Εταιρίας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος (Ε.Γ.Μ.Ε.) που πραγματοποιήθηκε υπό την αιγίδα του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην αίθουσα συνεδρίων του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βόλο.
7 Δεκεμβρίου 2000:	Παρακολούθηση της ημερίδας με θέμα "Οργανωτική δομή των γεωργικών υπηρεσιών & ο ρόλος τους στην ανάπτυξη της γεωργίας" που διοργάνωσε η Πανελλήνια Ένωση Γεωπόνων Δημοσίων Υπαλλήλων σε συνεργασία με το ΓΕΩΤ.Ε.Ε. (Παρ/μα Κ.Ε.) & το Γεωπονικό Σύλλογο του Ν. Λάρισας

19 Δεκεμβρίου 2000:	Παρακολούθηση της ημερίδας με θέμα “Ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας στο νομό Λάρισας” που διοργάνωσε το Ενεργειακό Κέντρο Λάρισας στην αίθουσα συνεδρίων του Νομαρχιακού Συμβουλίου.
2-5 Απριλίου 2003:	Συμμετοχή και παρακολούθηση του 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης που διοργανώθηκε υπό την αιγίδα του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και έλαβε χώρα στο αμφιθέατρο των Αγρονόμων Τοπογράφων του Α.Π.Θ.
12-14 Δεκεμβρίου 2003:	Παρακολούθηση του 3 ^{ου} Συνεδρίου για την Ανάπτυξη της Θεσσαλίας με θέμα “Επιστημονικό συνέδριο για τη διαχείριση των υδάτινων πόρων και την αιεφόρο ανάπτυξη της Θεσσαλίας” που πραγματοποιήθηκε στο Συνεδριακό Κέντρο των Τ.Ε.Ι. Λάρισας υπό την αιγίδα του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
8-10 Σεπτεμβρίου 2005:	Συμμετοχή και παρακολούθηση του 6^{ου} Διεθνούς Συνεδρίου της EWRA που πραγματοποιήθηκε στο Menton της Γαλλίας με θέμα τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος.
28 Ιανουαρίου 2006:	Συμμετοχή και παρακολούθηση της Ημερίδας με θέμα “Βιοκαύσιμα και Περιβάλλον” που πραγματοποιήθηκε στον αμφιθέατρο του ΤΕΕ Μαγνησίας υπό την αιγίδα του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων.
8-10 Μαΐου 2006:	Συμμετοχή και παρακολούθηση του διεθνούς συνεδρίου IASME/WSEAS International Conf. on Energy and Environmental Systems , Χαλκίδα – Εύβοια.
11-12 Ιουλίου 2008	Συμμετοχή στην 2 ^η Συνάντηση Υπομηφίων Διδασκτόρων και Μεταπτυχιακών Φοιτητών του Δικτύου υδροΜΕΔΩΝ που έλαβε χώρα στο αμφιθέατρο του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με θέμα παρουσίασης την «Βελτιστοποίηση της παραγωγής του ενεργειακού φυτού σόργου με σύγχρονα συστήματα άρδευσης»
4 Νοεμβρίου 2008	Παρακολούθηση της ημερίδας με θέμα «Δημόσια διαβούλευση και ενημέρωση των ενδιαφερομένων επί των προσχεδίων διαχείρισης των υδατικών πόρων του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας» που πραγματοποιήθηκε στο ξενοδοχείο Βόλος Παλλάς υπό την αιγίδα της Δ/σης Υδατικού Δυναμικού & Φυσικών Πόρων του Υπουργείου Ανάπτυξης.
13-15 Νοεμβρίου 2008	Συμμετοχή και παρακολούθηση των εργασιών του «1 ^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου φραγμάτων με Διεθνή συμμετοχή» που πραγματοποιήθηκε στο ξενοδοχείο Imperial της Λάρισας υπό την αιγίδα του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος.
2. Λοιπά	
Σεπτέμβριος 1982 – Ιούνιος 1989:	Σπουδές κλασικού πιάνου σε Δημόσιο Ωδείο και συμμετοχή σε τοπική χορωδία. Αποφοίτηση με βαθμό Άριστα 10 .
Σεπτέμβριος – Νοέμβριος 2001:	Παρακολούθηση μαθημάτων χρήσης και προγραμματισμού ηλεκτρονικού υπολογιστή με ειδίκευση στην επεξεργασία κειμένων και πινάκων στο ιδιωτικό εργαστήριο Galanis Computer Studies.

ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ – ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΕΙΣ

Απρίλιος 2003:	Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., Παπαλέξης, Δ. , Δαναλάτος, Ν., Βουλτσάνης, Π. και Νάκος, Ν., 2003. <i>Επίδραση επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης στην ανάπτυξη και παραγωγή της ενεργειακής καλλιέργειας του ινώδους Σόργου στην Κεντρική Ελλάδα</i> . Πρακτικά 9 ^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (ΕΥΕ), 2-5 Απριλίου, Θεσσαλονίκη, σ. 183-190.
Σεπτέμβριος 2005:	Sakellariou – Makrantonaki M., Papalexis D. , and Danalatos N., 2005. <i>The Effect of Irrigation Methods on Growth and Yield of Fiber Sorghum in Central Greece</i> . Proceedings of the 6 TH International Conference of EWRA, Menton – France, No - 021.
Μάιος 2006:	M. Sakellariou - Makrantonaki, D. Papalexis , N. Nakos, S. Dassios, A. Chatzinikos, N. Papanikos, N. Danalatos, 2006. <i>Potential and Water-Limited Growth and Productivity of Fiber Sorghum in Central Greece Irrigated by Surface and Subsurface Drip Methods on a Rainy and a Dry Year</i> . Proceedings of the 6 TH International Conference of IASME/WSEAS International Con. on Energy and Environmental Systems, Chalkida, Greece, May 8-10, 2006, pp. 49-54.
Ιούνιος 2007:	M. Sakellariou – Makrantonaki, D. Papalexis , N. Nakos, I. K. Kalavrouziotis, 2007. <i>Effect of modern irrigation methods on growth and energy production of sweet sorghum (var. Keller) on a dry year in Central Greece</i> . Agricultural Water Management (ELSEVIER-Science Direct), Vol. 90, Issue 3, 16 June 2007, pp. 181-189.

ΛΟΙΠΕΣ ΑΣΧΟΛΙΕΣ – ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΑ

Μάιος 1987:	Χρυσό μετάλλιο στο άθλημα της σφαιροβολίας στους Πανελλήνιους αγώνες παιδών που διεξήχθησαν στο στάδιο Αλκαζάρ της Λάρισας
Μάιος 1997:	Παραγωγή μουσικού CD σε συνεργασία με το συγκρότημα “INNER WISH” με τίτλο “WAITING FOR THE DAWN”

ΕΡΓΑΣΙΑΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ

Α) Πρακτική άσκηση ως φοιτητής του Γ.Π.Α.

Ιούλιος - Αύγουστος 1994 & 1995:	<p>Πρακτική άσκηση στο Ινστιτούτο Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών του ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. Λάρισας:</p> <p><u>Αντικείμενο πρακτικής άσκησης:</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Αναγνώριση και χρήσεις κτηνοτροφικών φυτών• Εδαφολογικές αναλύσεις σε εργαστήριο• Μελέτη και σχεδιασμός πειραματικού αγρού παραγωγής κτηνοτροφικών φυτών• Αναλύσεις νερού• Εργασία σε πειραματικούς αγρούς αμειψισπορών, συλλογή φυτών• Παρακολούθηση παραγωγής πολλαπλασιαστικού υλικού μανιταριών• Εργαστηριακή εξέταση ποιοτικών χαρακτηριστικών οσπρίων
-------------------------------------	---

Β) Ως πτυχιούχος Γεωπόνος Π.Ε.

Μάιος 2000 – Μάιος 2001:	<p>Απασχόληση ως υπάλληλος ορισμένου χρόνου στην Δ/ση Υδάτων της Περιφέρειας Θεσσαλίας πρώην Τμήμα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων του Τομέα Δ/σης Σχεδιασμού & Ανάπτυξης της Περιφέρειας Θεσσαλίας:</p> <ul style="list-style-type: none">• Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων σχετικά με τα διαθέσιμα υπόγεια και επιφανειακά αποθέματα των υδατικών πόρων της Θεσσαλίας• Διαχείριση των επιφανειακών υδατικών πόρων της υδρολογικής λεκάνης της Θεσσαλίας σε συνεργασία με την κεντρική διοίκηση της Περιφέρειας Θεσσαλίας και αδειοδότηση νέων γεωτρήσεων χρήσης νερού• Συνεργασία σε πρόγραμμα του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) σχετικά με τη συλλογή ποιοτικών και ποσοτικών δεικτών από τα διάφορα υδατορέμματα της Θεσσαλίας με σκοπό την ίδρυση στο μέλλον μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών παραγωγής ενέργειας (ΜΥΗΣ)
Μάρτιος 2002 – Δεκέμβριος 2005:	<p>Απασχόληση ως υπάλληλος ορισμένου χρόνου στα γραφεία αποζημιώσεων του ΕΛ.Γ.Α. Λάρισας, Φθιώτιδας, Αθηνών και Αλεξανδρουπόλεως:</p> <ul style="list-style-type: none">• Εκτιμήσεις ζημιών στη φυτική παραγωγή από τα διάφορα φυσικά φαινόμενα όπως προβλέπεται από τις διατάξεις του Νόμου 1790/1988• Εκτιμητικός και διοικητικός έλεγχος για την αποκατάσταση των ζημιών στο φυτικό και πάγιο κεφάλαιο βάση των προγραμμάτων ΠΣΕΑ Frogy, Far και Frost.• Ανάθεση των εκτιμήσεων και του διοικητικού ελέγχου για το πάγιο κεφάλαιο (γεωργικές εγκαταστάσεις – μηχανολογικός εξοπλισμός) του Ν. Λάρισας.

Απασχόληση ως επιστημονικός συνεργάτης στο Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με ειδίκευση στην Αξιοποίηση των Φυσικών Πόρων τη Γεωργική Υδραυλική και τη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων.

Ερευνητικές εργασίες:

- Εξοικονόμηση αρδευτικού νερού με σύγχρονα συστήματα άρδευσης με έμφαση στην υπόγεια άρδευση,
- Προγραμματισμός αυτόματης λειτουργίας επιφανειακής και υπόγεια στάγδην άρδευσης,
- Υπολογισμός δεικτών εξάτμισης για την ευρύτερη υδρολογική λεκάνη της Θεσσαλίας (ET_d , ET_m , I_d),
- Έρευνα σχετικά με τις αποδόσεις των ενεργειακών φυτών με έμφαση στις καλλιέργειες του ινόδου και του γλυκού σόργου για την παραγωγή ξηρής βιομάζας και βιο-αιθανόλης,
- Υπολογισμός της μεταβολής του δείκτη φυλλικής επιφάνειας και του φυτικού συντελεστή των ενεργειακών φυτών (LAI , K_c),
- Υπολογισμός και μετρήσεις αποθήκευσης αρδευτικού νερού στο έδαφος – υπολογισμός της Αποδοτικότητας του Αρδευτικού Νερού ($W.U.E.$) στις ενεργειακές καλλιέργειες.

Ιανουάριος 2006 -
Ιούνιος 2006:

Υπάλληλος αορίστου χρόνου στον Γενικό Οργανισμό Εγγείων Βελτιώσεων και Στραγγιστικών Έργων Θεσσαλίας (Γ.Ο.Ε.Β. ΣΕ).

Τοποθέτηση ως Προϊσταμένου του Τμήματος Συντήρησης, Συμπλήρωσης, Λειτουργίας, Αξιοποίησης Έργων και Μηχανολογίας ή Τμήματος Β' του Οργανισμού – θέση αναπληρωτή Διευθυντή.

Αρμοδιότητες Τμήματος:

- Συντήρηση και Συμπλήρωση των Εγγειοβελτιωτικών Έργων (σύνταξη τεχνικών εκθέσεων και μελετών βελτίωσης των υφισταμένων εγγειοβελτιωτικών έργων, παρακολούθηση και συντονισμός των εργασιών συντήρησης των έργων, ενημέρωση και εκπαίδευση των χρηστών αρδευτικού νερού κ.α.),
- Λειτουργία και Αξιοποίηση Εγγειοβελτιωτικών Έργων (Κατάρτιση κανονισμών άρδευσης, κατάρτιση προγραμμάτων διανομής αρδευτικού νερού, συγκέντρωση και στατιστική επεξεργασία στοιχείων αρδευόμενων εκτάσεων, αξιοποίηση αποστραγγιστικών αντλιοστασίων, αξιοποίηση των ζωνών έργων του Οργανισμού με αποδοτικότερες καλλιέργειες κ.α.),
- Μηχανολογικές εργασίες (συντήρηση και επισκευή αποστραγγιστικών αντλιοστασίων και γεωτρήσεων, προγραμματισμός και παρακολούθηση λειτουργίας των ηλεκτρομηχανικών εγκαταστάσεων, τήρηση αρχείου βλαβών κ.α.).

Ιούλιος 2006 –
Μάρτιος 2007:

Τοποθέτηση ως Διευθνή του Γενικού Οργανισμού Εγγείων Βελτιώσεων και Στραγγιστικών Έργων Θεσσαλίας (Γ.Ο.Ε.Β. Σ.Ε. Θεσσαλίας).

Επιλεγμένες δραστηριότητες και έργα:

1. τοποθέτηση υπόγειου αγωγού άρδευσης 2.000 m στην ευρύτερη αγροτική περιοχή του Δ. Φαρκαδόνας Ν. Τρικάλων (70.000,00 €),
2. αποκατάσταση στραγγιστικών έργων Α΄ & Β΄ Τάξης της ευρύτερης αγροτικής περιοχής των Νομών Τρικάλων, Καρδίτσας και Λάρισας (150.000,00 €),
3. τοποθέτηση αυτόματης άρδευσης στις γεωτρήσεις του Οργανισμού με ατομικά κλειδιά και ωρομετρητές (μείωση απωλειών νερού κατά 150%),
4. ένταξη των έργων "ταμιευτήρας Κεραμιδίου" και "υπογειοποίηση γεωτρήσεων Ν. Τρικάλων" στο Δ΄ Κ.Π.Σ. (έργα αξίας 2.500.000,00 €),
5. συντήρηση των αποστραγγιστικών – αντιπλημμυρικών αντλιοστασίων Α1 Κεραμιδίου, Α2 Βλοχού & Α3 Πέτρινου.

Απρίλιος 2007 –
Αύγουστος 2009

Υπάλληλος αορίστου χρόνου του Οργανισμού Ελληνικών Γεωργικών Ασφαλίσεων (Ε.Λ.Γ.Α.).

Τοποθέτηση στο Υποκατάστημα ΕΛ.Γ.Α. Αθηνών.

- Εκτιμήσεις ζημιών Ε.Λ.Γ.Α. στη φυτική παραγωγή από τα διάφορα φυσικά φαινόμενα όπως προβλέπεται από τις διατάξεις του Νόμου 1790/1988,
- Εκτιμητικός και διοικητικός έλεγχος για την αποκατάσταση των ζημιών στο φυτικό και πάγιο κεφάλαιο βάση των προγραμμάτων ΠΣΕΑ.

Σεπτέμβριος 2009 –
Σήμερα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1	ΓΕΝΙΚΑ	-----	7
1.2	ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ	-----	11
	2	ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Α.Π.Ε.)	15
2.1	ΙΣΤΟΡΙΚΟ	-----	15
2.2	ΓΕΝΙΚΑ	-----	17
2.2.1	Πλεονεκτήματα των Α.Π.Ε.	-----	18
2.2.2	Μειονεκτήματα των Α.Π.Ε.	-----	19
	3	ΒΙΟΜΑΖΑ	23
3.1	ΓΕΝΙΚΑ	-----	23
3.2	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	-----	26
3.2.1	Γλυκό και ινώδες σόργο.	-----	27
3.2.1.1	Γενικά	-----	27
3.2.1.2	Βοτανική ταξινόμηση	-----	28
3.2.1.3	Καλλιεργητικές τεχνικές	-----	30
3.2.1.4	Χαρακτηριστικά - πλεονεκτήματα	-----	33
3.2.1.5	Παραγωγή Ενέργειας	-----	35
	4	ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ	41
4.1	ΓΕΝΙΚΑ	-----	41
4.1.1	Βιοαιθανόλη	-----	41
4.1.2	Φυτά για τη παραγωγή βιοκαυσίμων	-----	43
4.1.3	Οικονομία παρασκευής βιοκαυσίμων	-----	46
4.1.3.1	Κόστος παραγωγής βιοαιθανόλης και αποδόσεις καλλιεργειών	-----	47
4.1.3.2	Οικονομική αποτίμηση	-----	48
4.1.4	Πλεονεκτήματα βιοκαυσίμων – βιοαιθανόλης	-----	51
4.1.5	Μειονεκτήματα βιοκαυσίμων	-----	52
4.1.6	Μειονεκτήματα που γίνονται πλεονεκτήματα	-----	55
4.1.7	Προοπτικές βιοκαυσίμων	-----	55
	5	Η ΑΡΔΕΥΣΗ	59
5.1	ΙΣΤΟΡΙΚΑ	-----	59
5.2	ΓΕΝΙΚΑ	-----	60
5.2.1	Κυριότερα προβλήματα και δυνατότητες επίλυσής τους	-----	64
5.3	ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΕ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟ ΝΕΡΟ	-----	68
5.3.1	Γενικά	-----	68
5.3.2	Υπολογισμός των αναγκών σε αρδευτικό νερό	-----	69
5.3.3	Εξάτμιση	-----	71
5.3.4	Διαπνοή	-----	71
5.3.5	Εξατμισοδιαπνοή	-----	72
5.3.5.1	Γενικά	-----	72
5.3.5.2	Παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή	-----	74
5.3.5.2.1	Καιρικές συνθήκες	-----	74
5.3.5.2.2	Χαρακτηριστικά της καλλιέργειας	-----	74
5.3.5.2.3	Διαχείριση και περιβαλλοντικοί παράγοντες	-----	75
5.3.5.3	Σημασία γνώσης της εξατμισοδιαπνοής	-----	77
5.4	ΥΠΟΓΕΙΑ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ	-----	78
5.4.1	Γενικά	-----	78
5.4.2	Πειράματα σε καλλιέργειες	-----	80
5.4.3	Τοποθέτηση αγωγών εφαρμογής και ομοιομορφία της άρδευσης	-----	82
5.4.4	Συχνότητα αρδεύσεων – δόσεις άρδευσης	-----	85
5.4.5	Ποιότητα νερού – άρδευση με υγρά αστικά απόβλητα	-----	87
5.4.6	Έδαφος και υπόγεια στάγδην άρδευση	-----	88
5.4.7	Συγκεντρώσεις αλάτων	-----	90
5.4.8	Χορήγηση λιπασμάτων	-----	91
5.4.9	Θέματα λειτουργικότητας της υπόγειας στάγδην άρδευσης	-----	93
5.4.9.1	Παρέισφηση της ρίζας	-----	93
5.4.9.2	Υποπέσεις - αναρροφήσεις δικτύου	-----	96
5.4.9.3	Διάρκεια ζωής	-----	96

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

5.4.9.4	Επιδράσεις χλωρίδας και πανίδας και παθογόνων μικροοργανισμών	97
5.4.9.4.1	Ανάπτυξη ζιζανίων	97
5.4.9.4.2	Επιδράσεις πανίδας	97
5.4.9.4.3	Ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών	98
5.4.9.5	Εξοικονόμηση νερού και ενέργειας	99
5.4.10	Πλεονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε σχέση με την διαχείριση του νερού και την συμπεριφορά του εδάφους	102
5.4.11	Πλεονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε σχέση με τις καλλιεργητικές τεχνικές	103
5.4.12	Πλεονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε σχέση με τη λειτουργία του συστήματος	104
5.4.13	Μειονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε σχέση με την διαχείριση του νερού και την συμπεριφορά του εδάφους	105
5.4.14	Μειονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε σχέση με τις καλλιεργητικές τεχνικές	105
5.4.15	Μειονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε σχέση με τη λειτουργία του συστήματος	106

6 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ 109

6.1	ΓΕΝΙΚΑ – ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ – ΣΧΕΔΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΥ	109
6.2	ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	113
6.3	ΥΛΙΚΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	116
6.4	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	119
6.4.1	Μέθοδος T.D.R.	121
6.4.1.1	Περιγραφή της τεχνικής T.D.R.	121
6.4.1.2	Μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R.	121
6.4.1.2.1	Εισαγωγή	121
6.4.1.2.2	Ανάλυση μεθόδου	122
6.4.2	Δείκτης φυλλικής επιφάνειας – L.A.I.	123
6.4.2.1	Γενικά	123
6.4.2.2	Ο εκθετικός νόμος των Monsi και Saeki	125
6.4.2.3	Η θεώρηση Monteith	129
6.5	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΔΟΣΕΩΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΥ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	130
6.5.1	Θεωρητικός τρόπος υπολογισμών	130
6.5.2	Πρακτικός τρόπος υπολογισμών των δόσεων άρδευσης	132
6.6	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	134
6.6.1	Γενικά	134
6.6.2	Η μέθοδος της γεωστατιστικής	135
6.6.2.1	Εισαγωγή	135
6.6.2.2	Προσδιορισμοί και ορολογίες	136
6.6.2.3	Ροπές	137
6.6.3	Θεωρία Γεωστατιστικής	137
6.6.3.1	Θεωρία των περιφερειακών μεταβλητών	137
6.6.3.1.1	Γενικά	137
6.6.3.1.2	Βαριόγραμμα ή διάγραμμα μεταβλητότητας (Variogram)	138
6.6.3.2	Γεωστατιστικές Υποθέσεις	138
6.6.3.3	Πειραματικό ημι-βαριόγραμμα	141
6.6.3.3.1	Ιδιότητες της συμμεταβλητότητας και του ημι-βαριογράμματος	143
6.6.3.3.2	Μέθοδοι εκτίμησης βαριογράμματος	146
6.6.4	Εξισώσεις του Kriging	147

7 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ 153

7.1	ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	153
7.1.1	Γενικά	153
7.2	ΣΥΖΗΤΗΣΗ	156
7.3	ΔΟΣΕΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	159
7.3.1	Γενικά	159
7.4	ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΔΟΣΕΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	166
7.5	ΥΓΡΑΣΙΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	167
7.5.1	Γενικά	167
7.6	ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΥΓΡΑΣΙΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ 2005	170
7.7	ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΥΓΡΑΣΙΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ 2006	174
7.8	ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΥΓΡΑΣΙΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ 2007	177

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

7.9	ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ – ΠΡΩΙΜΗ ΣΠΟΡΑ-----	178
7.9.1	Γενικά-----	178
7.9.2	Υψος φυτών πρώιμης σποράς έτους 2005 -----	178
7.9.2.1	Γενικά -----	178
7.9.3	Υψος φυτών πρώιμης σποράς έτους 2006 -----	182
7.9.3.1	Γενικά -----	182
7.9.4	Υψος φυτών πρώιμης σποράς έτους 2007 -----	185
7.9.4.1	Γενικά -----	185
7.10	ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ – ΟΨΙΜΗ ΣΠΟΡΑ -----	191
7.10.1	Γενικά -----	191
7.10.2	Υψος φυτών όψιμης σποράς έτους 2006 -----	191
7.10.2.1	Γενικά -----	191
7.10.3	Υψος φυτών όψιμης σποράς έτους 2007 -----	193
7.10.3.1	Γενικά -----	193
7.11	ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ-----	195
7.12	ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ – ΠΡΩΙΜΗ ΣΠΟΡΑ -----	196
7.12.1	Γενικά -----	196
7.12.2	Δείκτης φυλλικής επιφάνειας φυτών πρώιμης σποράς έτους 2005 -----	196
7.12.2.1	Γενικά -----	196
7.12.3	Δείκτης φυλλικής επιφάνειας φυτών πρώιμης σποράς έτους 2006 -----	200
7.12.3.1	Γενικά -----	200
7.12.4	Δείκτης φυλλικής επιφάνειας φυτών πρώιμης σποράς έτους 2007 -----	203
7.12.4.1	Γενικά -----	203
7.13	ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΦΥΤΩΝ – ΟΨΙΜΗ ΣΠΟΡΑ-----	209
7.13.1	Γενικά -----	209
7.13.2	Δείκτης φυλλικής επιφάνειας φυτών όψιμης σποράς έτους 2006 -----	209
7.13.2.1	Γενικά -----	209
7.13.3	Δείκτης φυλλικής επιφάνειας φυτών όψιμης σποράς έτους 2007 -----	212
7.13.3.1	Γενικά -----	212
7.14	ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΦΥΤΩΝ-----	214
7.15	ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ – ΠΡΩΙΜΗ ΣΠΟΡΑ -----	215
7.15.1	Γενικά -----	215
7.15.2	Χλωρή βιομάζα φυτών πρώιμης σποράς έτους 2005-----	216
7.15.2.1	Γενικά -----	216
7.15.3	Χλωρή βιομάζα φυτών πρώιμης σποράς έτους 2006-----	221
7.15.3.1	Γενικά -----	221
7.15.4	Χλωρή βιομάζα φυτών πρώιμης σποράς έτους 2007-----	227
7.15.4.1	Γενικά -----	227
7.16	ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ – ΟΨΙΜΗ ΣΠΟΡΑ -----	235
7.16.1	Γενικά -----	235
7.16.2	Χλωρή βιομάζα φυτών όψιμης σποράς έτους 2006 -----	235
7.16.2.1	Γενικά -----	235
7.16.3	Χλωρή βιομάζα φυτών όψιμης σποράς έτους 2007 -----	240
7.16.3.1	Γενικά -----	240
7.17	ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ ΦΥΤΩΝ-----	245
7.18	ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ – ΠΡΩΙΜΗ ΣΠΟΡΑ-----	246
7.18.1	Γενικά -----	246
7.18.2	Ξηρή βιομάζα φυτών πρώιμης σποράς έτους 2005-----	246
7.18.2.1	Γενικά -----	246
7.18.3	Ξηρή βιομάζα φυτών πρώιμης σποράς έτους 2006-----	252
7.18.3.1	Γενικά -----	252
7.18.4	Ξηρή βιομάζα φυτών πρώιμης σποράς έτους 2007-----	257
7.18.4.1	Γενικά -----	257
7.19	ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ – ΟΨΙΜΗ ΣΠΟΡΑ -----	265
7.19.1	Γενικά -----	265
7.19.2	Ξηρή βιομάζα φυτών όψιμης σποράς έτους 2006 -----	265
7.19.2.1	Γενικά -----	265
7.19.3	Ξηρή βιομάζα φυτών όψιμης σποράς έτους 2007 -----	270
7.19.3.1	Γενικά -----	270
7.20	ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ ΦΥΤΩΝ-----	275
7.21	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΧΟΡΗΓΗΣΗΣ ΡΙΖΟΑΠΩΘΗΤΙΚΟΥ ΣΤΗΝ ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ -----	277
7.21.1	Ζιζάνια – γενικά-----	277

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

7.21.2	Ζιζάνια της έρευνας-----	278
7.21.3	Ζιζανιοκτόνα-----	278
7.21.3.1	Γενικά-----	278
7.21.3.2	Δινιτροανιλίνες-----	278
7.21.3.3	Trifluralin-----	279
7.21.4	Υλικά και μέθοδοι ριζοαποθητικού-----	280
7.21.5	Αποτελέσματα επίδρασης ριζοαποθητικού-----	281
7.21.5.1	Πληθυσμός ζιζανίων – συζήτηση-----	281
7.21.5.2	Χλωρή βιομάζα ζιζανίων – συζήτηση-----	284
7.22	ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΟΥ-----	288
7.23	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ – ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ-----	290
7.23.1	Γενικά-----	290
7.23.2	Θεωρητικός υπολογισμός βιοαιθανόλης-----	292
7.23.3	Παραγωγή βιοαιθανόλης – πρόιμη σπορά 2005-----	293
7.23.4	Παραγωγή βιοαιθανόλης – πρόιμη σπορά 2006-----	294
7.23.5	Παραγωγή βιοαιθανόλης – πρόιμη σπορά 2007-----	295
7.23.6	Παραγωγή βιοαιθανόλης – όψιμη σπορά 2006-----	298
7.23.7	Παραγωγή βιοαιθανόλης – όψιμη σπορά 2007-----	299
7.24	ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ-----	301
7.25	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ – ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ-----	302
7.25.1	Γενικά-----	302
7.26	ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ-----	306
7.27	ΧΡΟΝΟΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ-----	309
7.27.1	Γενικά-----	309
7.27.2	Χρόνος συγκομιδής 2005-----	309
7.27.3	Χρόνος συγκομιδής 2006-----	311
7.27.4	Χρόνος συγκομιδής 2007-----	313
7.28	ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΧΡΟΝΟΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ-----	315
7.29	ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-----	316
7.30	ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ-----	321
8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 322		
8.1	ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-----	322
8.2	ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-----	324
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 347		
	ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ - ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ-----	349
	ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ – ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ-----	374
	ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ – ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ-----	399
	ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ – ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ-----	424
	ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ – ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ – ΔΟΣΕΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ-----	449
	ΥΓΡΑΣΙΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ-----	471
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ 508		

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Η αλλαγή στρατηγικής της Ε.Ε. (Agenda 2000) αλλά και της Παγκόσμιας Κοινότητας (Πρωτόκολλο του Κιότο – Συνδιάσκεψη Κοπεγχάγης) σε θέματα Περιβάλλοντος έκανε επιτακτική την ανάγκη διερεύνησης στο άμεσο μέλλον μεθόδων αλλά και υλικών, που σκοπό θα έχουν την μεγιστοποίηση των εισροών ενέργειας από τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.), στις οποίες ανήκει και η βιομάζα, με την ταυτόχρονη ελάττωση της κατανάλωσης, των σημαντικά μειωμένων από την πολύχρονη χρήση τους, Συμβατικών Ενεργειακών Καυσίμων καθώς και των ρυπογόνων εκροών αυτών.

Ποτέ άλλοτε, από τις ενεργειακές κρίσεις της δεκαετίας του 1970 και μετά, τα ενεργειακά ζητήματα δεν ήταν τόσο ψηλά στην πολιτική και κοινωνική ατζέντα. Οι αλλαγές που πραγματοποιούνται στον ενεργειακό τομέα είναι και μεγάλες, και ριζικές, και θα χαράξουν μακροπρόθεσμα την οικονομική πορεία όλων των χωρών. Χωρίς μακροχρόνιο ενεργειακό σχεδιασμό, μια χώρα είναι καταδικασμένη να υποστεί τις συνέπειες των κραδασμών που συνεπάγεται ο επώδυνος τοκετός μιας νέας ενεργειακής εποχής.

Σε κοινωνικό επίπεδο, ο δημόσιος διάλογος επικεντρώνεται κυρίως στις υψηλές τιμές του πετρελαίου (τιμές που, παρά τις φυσιολογικές διακυμάνσεις, δεν αναμένεται να πέσουν στα “παραδοσιακά” χαμηλά των περασμένων δεκαετιών) και στην εντεινόμενη “ενεργειακή φτώχεια”, που αφορά στην αδυναμία των χαμηλότερων εισοδηματικά στρωμάτων να ανταποκριθούν στις εξάρσεις των τιμών.

Στο χώρο των συμβατικών μορφών ενέργειας, ο ανταγωνισμός παραμένει οξύς. Αν και όλες οι εκτιμήσεις συγκλίνουν στο ότι το φυσικό αέριο θα αποκτά τις ερχόμενες δεκαετίες ένα ολοένα αυξανόμενο μερίδιο της κατανάλωσης, εν τούτοις, οι διαρκώς αυξανόμενες τιμές του αερίου (οι οποίες ακολουθούν αυτές του πετρελαίου – και προσφάτως με της εξαγγελίες της νέας Κυβέρνησης για αντίστοιχο Φ.Π.Α. με αυτό του πετρελαίου) δυσχεραίνουν την απρόσκοπτη αύξηση της διείσδυσης του καυσίμου αυτού, ιδίως όταν έχει να ανταγωνιστεί τον συγκριτικά φθηνότερο άνθρακα. Από την άλλη, η βιομηχανία άνθρακα (η οποία πλεονεκτεί σε επίπεδο τιμών και αποθεμάτων) έχει να αντιμετωπίσει τα βάρη μιας αυστηρότερης περιβαλλοντικής νομοθεσίας (σε εθνικό, κοινοτικό και διεθνές επίπεδο) λόγω των αντικειμενικά μεγαλύτερων περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων που συνεπάγεται η χρήση του.

Στο χορό των διαρθρωτικών αλλαγών προσπαθεί να ξαναμπει δυναμικά η πυρηνική βιομηχανία, αν και οι κοινωνικές αντιστάσεις παραμένουν ισχυρές (γνωστή είναι και η αποδοκιμασία πρώην υπουργού του ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. όταν ενέταξε την πυρηνική ενέργεια σε μία από τις μορφές “πράσινης ενέργειας”). Επιπλέον, το υψηλό κόστος των επενδύσεων και ο σχετικά μεγάλος χρόνος που απαιτείται για την

ολοκλήρωση νέων πυρηνικών μονάδων, δεν επιτρέπουν θεαματικές αλλαγές στο πυρηνικό τοπίο πριν τα μέσα της ερχόμενης δεκαετίας και αυτό με την προϋπόθεση πάντα της κοινωνικής συναίνεσης, η οποία πάντως δεν είναι σήμερα ορατή.

Ο σχετικά νέος και πολλά υποσχόμενος ενεργειακός εταίρος είναι οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), οι οποίες όχι μόνο έχουν προχωρήσει σε επίπεδο τεχνολογικής ωριμότητας, αλλά ευνοούνται από το διαμορφούμενο πολιτικό σκηνικό που επιβάλλει άμεση λήψη δραστικών μέτρων για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου τα οποία αποσταθεροποιούν το κλίμα της Γης. Οι ΑΠΕ, όχι μόνο απαντούν στις περιβαλλοντικές προκλήσεις, αλλά παρέχουν και διέξοδο στα θέματα της ενεργειακής ασφάλειας μειώνοντας την εξάρτηση από εισαγωγές ενεργειακών πόρων και υπόσχονται επιπλέον τόνωση των τοπικών αγορών και της περιφερειακής ανάπτυξης. Ευνοούνται τέλος από το νέο πολιτικό σκηνικό που, σε ευρωπαϊκό τουλάχιστον επίπεδο, θέτει ενδεικτικά ελάχιστα ποσοστά διείσδυσης τους στο ενεργειακό ισοζύγιο.

Η Γεωργία στη Ελλάδα, από την άλλη, αποτελεί σημαντικό τομέα της εθνικής οικονομίας τόσο σε ποσοστό επί του Α.Ε.Π. όσο και σε ποσοστό επί της συνολικής απασχόλησης. Παρά τις ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στις περισσότερες αγροτικές περιοχές, που λογικά θα έπρεπε να έχουν ως αποτέλεσμα την επίτευξη υψηλών αποδόσεων, η ελληνική γεωργία παρουσιάζει χαμηλό ποσοστό ανάπτυξης και εκσυγχρονισμού, που οφείλεται κυρίως σε ορισμένες ιδιαιτερότητές της. Ταυτόχρονα, τα τελευταία χρόνια, η χώρα μας έχασε την αυτάρκεια της σε πολλά προϊόντα (π.χ. σιτηρά, φρούτα, λαχανικά κλπ.) και παράλληλα άρχισε τις εισαγωγές (π.χ. μόνο για ψωμί έδινε το 2001 10 δις δραχμές το μήνα καθώς από το 1997 η χώρα μας αναγκάζεται να το εισάγει).

Τα στοιχεία γενικότερα δείχνουν μια οριοθέτηση των εκμεταλλεύσεων και παράλληλα μια αύξηση της επιχειρηματικότητας στο χώρο. Ο παραδοσιακός αγρότης εξαφανίζεται και έχουμε εδώ και χρόνια τον επιχειρηματία του αγροτικού τομέα, που αρχίζει και απασχολεί εργαζόμενους. Τα αποτελέσματα αυτά θα ενταθούν και μέσα από τα 3 βασικά κοινοτικά προγράμματα για την Ελλάδα που άλλα βρίσκονται σε εξέλιξη και άλλα έχουν ολοκληρωθεί:

α) Με το πρόγραμμα πρόωρης συνταξιοδότησης έχει επιδιωχθεί να φύγουν από την γεωργική παραγωγή όλοι οι παλιοί αγρότες που δεν μπορούν να αλλάξουν καλλιέργειες

β) Με το πρόγραμμα νεοεισερχόμενων αγροτών θα επιδιωχθεί να μην παράγονται προϊόντα που δεν "χρειάζονται" και δεν μπορούν να προωθηθούν στην παγκοσμιοποιημένη αγορά, αφού οι νέοι αγρότες πρέπει να επενδύουν σε καινούργια "επιλέξιμα" προϊόντα που δεν έχουν κορεσθεί (π.χ. ούζο, φέτα, ελιές Καλαμών, Σουλτανίνα, πορτοκάλια Βαλέντσια κλπ.), χωρίς αυτά να έχουν καθοριστεί ακόμα οριστικά.

γ) Με το πρόγραμμα επιχειρηματικών δράσεων με στόχο τις επενδύσεις πάλι σε "επιλέξιμα" προϊόντα και την επεξεργασία τους, αλλά που θα εξασφαλίζουν υψηλή

ποιότητα παραγωγής και συσκευασίας τους, θα βελτιώνουν το περιβάλλον και θα μειώνουν τις εισροές και τη χρήση ενέργειας.

Αυτή λοιπόν είναι η "αναδιάρθρωση" που προτείνει το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων και οι εκάστοτε Κυβερνήσεις στους Έλληνες αγρότες. Μια αναδιάρθρωση που χαρακτηρίζεται απ' τη λογική της παγκοσμιοποιημένης αγοράς και ρίχνει τα βάρη στις πλάτες των αγροτών. Η πλειοψηφία όμως των Ελλήνων αγροτών δεν έχει την ευελιξία να ανταποκρίνεται στις αλλαγές που προκαλούνται. Οτι είναι σήμερα προσοδοφόρο, αύριο μπορεί να είναι επιζήμιο. Οι των εύφορων περιοχών που έχουν επενδύσει στις εντατικές καλλιέργειες του βαμβακιού, του καπνού ή της ροδακινιάς είναι δύσκολα να αλλάξουν επειδή έχουν εφοδιαστεί γεωργικό εξοπλισμό που δεν θα τους είναι πλέον απαραίτητος και για να τον αποκτήσουν έχουν χρεωθεί στις τράπεζες όλα τα προηγούμενα χρόνια.

Η μεγαλύτερη μείωση της γεωργικής απασχόλησης (σε πληθυσμιακή αναλογία) υπήρξε στα νησιά, οδηγώντας πολλούς νησιώτες να ασχοληθούν αποκλειστικά και μόνο με τον τουρισμό. Η μείωση της γεωργικής απασχόλησης είναι ελαφρώς υψηλότερη (ποσοστιαία) στην Κεντρική Ελλάδα, όπου οι ιδιωτικές υπηρεσίες αυξήθηκαν σημαντικά.

Η γερασμένη Ελληνική γεωργία σε συνδυασμό βέβαια με την μικρή προσπάθεια για εκσυγχρονισμό στους τομείς της διοίκησης και αποκέντρωσης, έρευνας και τεχνολογίας, ενημέρωσης και καθοδήγησης των αγροτών, οδήγησε στη βαθμιαία μείωση του ετήσιου οικογενειακού γεωργικού εισοδήματος και στην απροθυμία των Ελλήνων γεωργών να αποδεχθούν μία νέα αγροτική πολιτική.

Σήμερα, υπό την υπάρχουσα Κοινή Αγροτική Πολιτική (Κ.Α.Π.) οι Έλληνες αγρότες βασίζονται κυρίως στο παρεχόμενο ποσό επιχορηγήσεων και αποζημιώσεων προκειμένου να διατηρήσουν μία σχετική ισορροπία στο ετήσιο γεωργικό τους εισόδημα. Τα κυριότερα προβλήματα που δημιουργεί αυτή η πολιτική είναι: α) η ανικανότητα προσαρμογής των αγροτών σε νέες πιο επικερδείς και προσοδοφόρες καλλιέργειες, β) η έλλειψη ποιοτικών προτύπων και ανταγωνιστικότητας των παραγόμενων προϊόντων τους, γ) η έλλειψη διαπραγματευτικής ικανότητας και η μείωση της αγοραστικής τους δύναμης και δ) η αβεβαιότητα για το μέλλον (πιθανή αλλαγή πολιτικής στο καθεστώς των επιχορηγήσεων).

Ξεφεύγοντας απ' τη νοοτροπία της απλής εμπορευματικής διαδικασίας, όπου ο αγρότης παράγει για να παραδώσει στον έμπορο ή το βιομήχανο και στη συνέχεια να εισπράξει και να τρέφεται ο ίδιος και η οικογένεια του από το σούπερ-μάρκετ, θα εμπλουτίσει με τέτοια στοιχεία τη ζωή του, που θα την κάνει "επιθυμητή" για τον καθένα.

Για να διευκολυνθεί η ανάπτυξη του αγροτικού κόσμου, τα άμεσα αιτήματα προς την πολιτεία θα πρέπει να είναι του τύπου:

1. Ανακήρυξη της Ελλάδας σαν ζώνης ελεύθερης από γενετικά τροποποιημένες τροφές. Απαγόρευση της διακίνησης τους και της καλλιέργειας - εκτροφής

- τους. Διότι η "συνύπαρξη" των καλλιεργειών θα τις μετατρέψει σιγά - σιγά όλες σε γενετικά τροποποιημένες.
2. Αγροτική έρευνα για τεχνικές καλλιέργειας – εκτροφής - μεταποίησης, προσιτές στους αγρότες και ήπιες για το περιβάλλον. Προώθηση της οικολογικής γεωργίας.
 3. Υποστήριξη ντόπιων ποικιλιών και ρατσών, με επί τόπου προστασία διάφορων περιοχών (όπως π.χ. προτείνει και η ελληνική τράπεζα γενετικού υλικού).
 4. Ελεύθερη διακίνηση και ανταλλαγή των ντόπιων σπόρων μεταξύ των παραγωγών.
 5. Ευνοϊκή αντιμετώπιση της μεταποίησης των αγροτικών προϊόντων απ' τους ίδιους τους παραγωγούς, χωρίς να χάνουν την ιδιότητα του αγρότη (σήμερα για να κάνει κανείς επίσημα μεταποίηση, πρέπει να δημιουργήσει βιοτεχνική ή βιομηχανική επιχείρηση).
 6. Οι λαϊκές στα χέρια των παραγωγών. Δημιουργία και επέκταση λαϊκών βιολογικών προϊόντων κατά τόπους.
 7. Στήριξη των παραδοσιακών - εναλλακτικών τεχνών - επαγγελμάτων.
 8. Συμφιλίωση της γεωργίας με το περιβάλλον μέσω συμπληρωματικών απασχολήσεων στην ύπαιθρο (αποκατάσταση ισορροπίας στις καλλιεργούμενες εκτάσεις, δάση, ποτάμια κλπ.), που θα αμείβονται απ' την πολιτεία για συμπλήρωση εισοδήματος των αγροτών καθώς και προώθηση δραστηριοτήτων που θα επανασυνδέουν τους κατοίκους των πόλεων με τη φύση.
 9. Υποστήριξη και ενίσχυση συλλόγων ή συνδέσμων παραγωγών - καταναλωτών, που πέρα απ' τη διακίνηση απαλλαγμένης μεσαζόντων, θα εξασφαλίζουν και τον ποιοτικό έλεγχο των προϊόντων.
 10. Ζωοτροφές απαλλαγμένες από επικίνδυνα πρόσθετα (ορμόνες, ορυκτέλαια, οστεάλευρα, ιχθυάλευρα κλπ.) και μεταλλαγμένα (μέχρι τώρα επιτρεπόταν η εισαγωγή π.χ. μεταλλαγμένης σόγιας για ζωοτροφές). Στήριξη της εκτατικής ήπιας ζωοτροφίας και των ολοκληρωμένων αγροκτημάτων φυτά - ζώα κλπ.
 11. Υποστήριξη της ανάπτυξης ήπιων μορφών ενέργειας (βιοκαύσιμα, βιομάζα, αιολική, ηλιακή κλπ.) και υλικών (φυσικά λιπάσματα - σκευάσματα προστασίας κλπ.).

Η ένταξη περιοχών αποκλειστικά και μόνο για ενεργειακούς σκοπούς, με βάση την παραγωγή χλωρής και ξηρής βιομάζας, θα οδηγούσε σε σημαντική κοινωνική και οικονομική αναδιάρθρωση του γεωργικού τομέα σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο, παρέχοντας ένα επιπρόσθετο εισόδημα στους αγρότες.

Έχοντας επίσης στο παρελθόν βρεθεί μπροστά στον κίνδυνο μείωσης της γεωργικής παραγωγής εξαιτίας της λειψυδρίας κατά τους κρίσιμους θερινούς μήνες (1984-1992 & 1996-2000), αποφασίστηκε να παρθούν μέτρα με σκοπό την

εξοικονόμηση των διαθέσιμων υδατικών αποθεμάτων (Δ.Ε.Β., 2000). Είναι προφανές ότι στην περίπτωση αυτή η καλλιέργεια θα πρέπει να αρδεύεται με σύγχρονα συστήματα εξοικονόμησης νερού και μειωμένων απωλειών λόγω εξάτμισης, όπως είναι τα συστήματα στάγδην άρδευσης (υπόγεια και επιφανειακή).

Είναι γνωστό άλλωστε ότι σε περιοχές της γης όπου το νερό είναι είδος πολυτελείας (όπως η πόλη Κουιλάγκουα της Χιλής – η πιο ξηρή περιοχή του πλανήτη) η ύδρευση – για άρδευση ούτε λόγος – είναι ιδιωτική περιουσία (The New York Times – φύλλο 22/3/2009). Δυστυχώς το 5^ο Παγκόσμιο Φόρουμ για το νερό που έλαβε χώρα στην Κωνσταντινούπολη τον Μάρτιο του 2009 κατέληξε στο γενικό συμπέρασμα ότι το νερό, αυτό το κοινωνικό αγαθό, δεν είναι δικαίωμα αλλά «ανάγκη», αφήνοντας έτσι ανοιχτό όλο το παιχνίδι για τους κερδοσκόπους της λειψυδρίας (Κυριακάτικη Ελευθεροτυπία – φύλλο 22/3/2009).

Υπάρχουν βέβαια και οι άνθρωποι που βλέπουν το ποτήρι μισογεμάτο όπως η Πρόεδρος του συλλόγου «France Libertés Fondation Danielle Mitterrand» και χήρα του πρώην Πρωθυπουργού της Γαλλίας Φ. Μιττεράν, κα. Ντανιέλ Μιττεράν η οποία δήλωσε σε συνέντευξη της στο περιοδικό Εικόνες (τεύχος 31/5/2009) ότι «το νερό όχι μόνο δεν θα αποτελέσει αιτία πολέμου τον 21^ο αιώνα, αλλά θα είναι εκείνο που θα επαναφέρει την ειρήνη στη Γή».

Η σημερινή όμως κατάσταση του Περιβάλλοντος σε τοπικό, εθνικό αλλά και πλανητικό επίπεδο, μας θυμίζει ότι το μέλλον της ανθρωπότητας είναι αλληλένδετο με το μέλλον των οικοσυστημάτων. Ο υπερπληθυσμός (με τη μορφή της αστικοποίησης), η ερημοποίηση, η αλόγιστη κατάχρηση των φυσικών πόρων και ειδικότερα των υδατικών πόρων – υπερκατανάλωση, απώλειες δικτύων άρδευσης, χρήση συστημάτων άρδευσης με αυξημένες απώλειες λειτουργίας, ανυπαρξία νομοθετικού πλαισίου ελέγχου και διαχείρισης των διαθέσιμων υδατικών πόρων - , η μείωση της βιοποικιλότητας, η αλλαγή του κλίματος και το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι μερικά μόνο από τα μέχρι σήμερα άλυτα προβλήματα του σύγχρονου κόσμου.

Για να ξεπεραστεί η Περιβαλλοντική κρίση της εποχής μας, οφείλουμε να επανεκτιμήσουμε τις βασικές μας ανάγκες και τον τρόπο με τον οποίο τις ικανοποιούμε, κληρονομώντας στα παιδιά μας ένα καλύτερο Περιβάλλον για να ζήσουν.

1.2 Σκοπός του έργου


Σκοπός του έργου ήταν η διερεύνηση της επίδρασης των δύο σύγχρονων συστημάτων άρδευσης, ήτοι της επιφανειακής στάγδην και της υπόγεια στάγδην άρδευσης, στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα του Γλυκού Σόργου ως ενεργειακού φυτού για μελλοντική του χρήση στα πλαίσια της εναλλακτικής αειφορικής γεωργίας των χαμηλών εισροών στην Κεντρική Ελλάδα για την παραγωγή βιομάζας και ενέργειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Α.Π.Ε.)

2.1 Ιστορικό

 εν υπάρχει πλέον καμία αμφιβολία ότι βιώνουμε μία νέα ενεργειακή και οικονομική κρίση. Μία κρίση με διαφορετικά χαρακτηριστικά απ' ό,τι οι προηγούμενες που εμφανίστηκαν τρεις δεκαετίες πριν. Σε αντίθεση με όλες τις προηγούμενες, η σημερινή κρίση χαρακτηρίζεται από μία ραγδαία αυξανόμενη ζήτηση και όχι όπως στο παρελθόν από προβλήματα στην παραγωγή και περιορισμούς στην προμήθεια. Σήμερα απεναντίας παρατηρείται επάρκεια στην προσφορά. Τη σημερινή κρίση επιδεινώνει η περιορισμένη, απ' ότι αποδεικνύεται, δυνατότητα των διυλιστηρίων να παράγουν προϊόντα υψηλών περιβαλλοντικών προδιαγραφών σε ικανές ποσότητες για να αντιμετωπισθεί η ζήτηση κυρίως στις ΗΠΑ, την Ευρώπη, την Ιαπωνία αλλά και στην Κίνα και στην Ινδία.

Η παγκόσμια οικονομία διψά για ενέργεια και αυτό αντικατοπτρίζεται στους αυξητικούς ρυθμούς της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Την περίοδο 1997 - 2004 οι μέσοι ετήσιοι ρυθμοί αύξησης ήταν 2,05% παγκοσμίως, 0,93% για την ΕΕ-25 και για την Ελλάδα 2,7%.

Δεν είναι τυχαίο λοιπόν που οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) έχουν εκτιναχτεί τα τελευταία χρόνια ξεπερνώντας ήδη τον δεσμευτικό στόχο που έχει θέσει η χώρα για αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου κατά 25% την περίοδο 1990-2010. Χωρίς ουσιαστικά μέτρα, η Ελλάδα προβλέπεται ότι θα αυξήσει τις εκπομπές της κατά 39,2% έως το 2010 και κατά 57,6% έως το 2020. Σημειωτέων ότι οι δραστηριότητες που έχουν σχέση με την ενέργεια αποτελούν την μεγαλύτερη πηγή (78% περίπου) των αερίων του θερμοκηπίου. Αυτές περιλαμβάνουν κυρίως εκπομπές CO₂ από την καύση ορυκτών καυσίμων (95% περίπου του συνόλου των εκπομπών από τον τομέα της ενέργειας) και μικρότερα ποσοστά μεθανίου και υποξειδίου του αζώτου (1,5% και 3,5% αντίστοιχα). Έτσι, σε ότι αφορά ειδικότερα τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, οι προβλεπόμενες αυξήσεις είναι 47,6% και 67,8% για τα έτη 2010 και 2020 αντίστοιχα, σε σχέση με το 1990 που είναι το έτος βάσης για τον περιορισμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (Βήμαmagazino – τεύχος 31/5/2009).

Τα παγκόσμια ενεργειακά αποθέματα είναι θεωρητικά αρκετά ώστε να καλύψουν τη ζήτηση μέχρι το 2030 και περαιτέρω. Αλλά οι σοβαρές ανησυχίες για την ενεργειακή ασφάλεια προκύπτουν από τις προβλέψεις με βάση τις τάσεις. Τα παγκόσμια γνωστά αποθέματα αργού πετρελαίου φτάνουν θεωρητικά για τα επόμενα 40 χρόνια. Του φυσικού αερίου και του άνθρακα για τα επόμενα 67 και 167 χρόνια, αντίστοιχα. Οι εκτιμήσεις αυτές δεν λαμβάνουν υπόψη τους την αυξανόμενη ζήτηση, ο συνυπολογισμός της οποίας θα μείωνε το χρόνο εξάντλησης των γνωστών

αποθεμάτων σε 26, 33 και 84 χρόνια αντίστοιχα, μια προοπτική εξόχως απογοητευτική. Είναι σαφές βέβαια ότι βαίνοντας σε δραματική μείωση των αποθεμάτων, θα οδηγηθούμε σε αύξηση των τιμών και συνεπώς σε μια διόρθωση στους ρυθμούς παραγωγής και κατανάλωσης των ορυκτών καυσίμων. Η αύξηση των τιμών σε συνδυασμό με τη μείωση των αποθεμάτων, θα οδηγήσει εκ των πραγμάτων σε στροφή προς εναλλακτικές πηγές ενέργειας.

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας είναι οι πρώτες ενεργειακές μορφές που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος για την κάλυψη των αναγκών του σε ενέργεια. Στις αρχές του 20ου αιώνα η έρευνα για την απόκτηση φθηνής ενέργειας, με καταλυτική εξέλιξη την ανακάλυψη των μεγάλων κοιτασμάτων πετρελαίου, έστρεψε τους οικονομικούς κολοσσούς αποφασιστικά στη χρήση μη ανανεώσιμων πηγών, κυρίως του άνθρακα και των υδρογονανθράκων.

Άλλωστε είναι κατανοητό ότι η φύση με την θεϊκή έννοια που πολλές φορές της δίνουμε έχει «κανονίσει» για την ενεργειακή επάρκεια όλων των περιοχών του πλανήτη μας. Έτσι σε περιοχές άνυδρες και υποβαθμισμένες εδαφικά η επάρκεια πετρελαίου και πυρηνικής ενέργειας είναι αρκετές για να τις στηρίξουν ενεργειακά σε αντίθεση με τις γόνιμες περιοχές του πλανήτη που θα μπορούσαν ενεργειακά να υποστηριχτούν πέρα από τις συμβατικές πηγές ενέργειας και την πυρηνική ενέργεια και από την «πράσινη ενέργεια».

Δύο ήταν οι κρίσιμοι παράγοντες στην αναβίωση του ενδιαφέροντος για τις ΑΠΕ, ξεκινώντας από τα μέσα της δεκαετίας του 1970. Ο πρώτος ήταν το ζήτημα της ενεργειακής ασφάλειας: οι δύο πετρελαϊκές κρίσεις, του 1973 και του 1979 - 80, οδήγησαν τις βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες να αναθεωρήσουν την απόλυτη εξάρτησή τους από τα ορυκτά καύσιμα, και ιδιαίτερα το πετρέλαιο. Οι χώρες - προμηθευτές - κατά κύριο λόγο τα κράτη της Αραβικής Χερσονήσου και του Περσικού Κόλπου - δεν ήταν ποτέ απολύτως αξιόπιστοι σύμμαχοι της Δύσης. Η τελευταία τριακονταετία στην περιοχή, με την άνοδο του ισλαμικού φονταμενταλισμού, η οποία εκφράζεται από την μία πλευρά με την διεθνή εξωτερική και εσωτερική τρομοκρατία και από την άλλη με την αυστηρή απαγόρευση της χρήσης και της αξιοποίησης της πυρηνικής ενέργειας, έχει εντείνει περαιτέρω την ενεργειακή ανασφάλεια των ανεπτυγμένων χωρών σχετικά με τις μη ανανεώσιμες πηγές.

Το δεύτερο στοιχείο που οδήγησε στην ολική επαναφορά των ΑΠΕ είναι, φυσικά, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, έχει αναχθεί σε κορυφαία προτεραιότητα της διεθνούς κοινότητας. Ο ενεργειακός τομέας είναι ο κύριος υπεύθυνος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, καθώς σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που οδηγεί στην υπερθέρμανση του πλανήτη οφείλεται στην παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων. Δεν είναι τυχαίο άλλωστε ότι ένα μεγάλο μέρος των σύγχρονων επιστημόνων – με έρευνες που έγιναν προσφάτως – υποστηρίζει ότι το πολύ σε δέκα χρόνια – σε αντίθεση με τις προηγούμενες μελέτες που μιλούσαν για τριάντα με σαράντα χρόνια

– οι πόλοι που υποστηρίζουν το κλίμα της Γης θα συρρικνωθούν (λιώσιμο) κατά το 85% της σημερινής τους έκτασης.

2.2 Γενικά

Οι ήπιες μορφές ενέργειας οι οποίες βασίζονται στην ουσία στην ηλιακή ακτινοβολία, με εξαίρεση τη γεωθερμική ενέργεια, η οποία είναι ροή ενέργειας από το εσωτερικό του φλοιού της γης, και την ενέργεια απ' τις παλίρροιες που εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα, ονομάζονται Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.). Οι βασιζόμενες στην ηλιακή ακτινοβολία ήπιες λοιπόν πηγές ενέργειας είναι ανανεώσιμες, μιας και δεν πρόκειται να εξαντληθούν όσο υφίσταται ο ήλιος, δηλαδή για μερικά ακόμα δεσεκατομμύρια χρόνια. Ουσιαστικά είναι ηλιακή ενέργεια "συσκευασμένη" κατά τον έναν ή τον άλλον τρόπο: η βιομάζα είναι ηλιακή ενέργεια δεσμευμένη στους ιστούς των φυτών μέσω της φωτοσύνθεσης, η αιολική εκμεταλλεύεται τους ανέμους που προκαλούνται απ' τη θέρμανση του αέρα ενώ αυτές που βασίζονται στο νερό εκμεταλλεύονται τον κύκλο εξάτμισης - συμπύκνωσης του νερού και την κυκλοφορία του. Η γεωθερμική ενέργεια δεν είναι ανανεώσιμη, καθώς τα γεωθερμικά πεδία κάποια στιγμή εξαντλούνται.

Ειδικά στην Ελλάδα, που έχει μορφολογία και κλίμα κατάλληλο για νέες ενεργειακές εφαρμογές, η εκμετάλλευση αυτού του ενεργειακού δυναμικού θα βοηθούσε σημαντικά στην ενεργειακή αυτονομία της χώρας. Το ενδιαφέρον για τις ήπιες μορφές ενέργειας ανακινήθηκε τη δεκαετία του 1970, ως αποτέλεσμα κυρίως των απανωτών πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής, αλλά και της αλλοίωσης του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής από τη χρήση των κλασικών πηγών ενέργειας. Σήμερα όμως λαμβάνονται υπόψη στους επίσημους σχεδιασμούς των ανεπτυγμένων κρατών για την ενέργεια και, αν και αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό της ενεργειακής παραγωγής, ετοιμάζονται βήματα για την παραπέρα αξιοποίησή τους. Το κόστος δε των εφαρμογών ήπιων μορφών ενέργειας πέφτει συνέχεια τα τελευταία είκοσι χρόνια και ειδικά η αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια, αλλά και η βιομάζα, μπορούν πλέον να ανταγωνίζονται στα ίσα παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας και η πυρηνική ενέργεια.

Τελευταία από την Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και πολλά κράτη υιοθετούνται νέες πολιτικές για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που προάγουν τέτοιες εσωτερικές πολιτικές και για τα κράτη μέλη.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις αντιστρόφως ανάλογη με τις επενδύσεις στις Α.Π.Ε. θα είναι η μείωση της ανεργίας. Οι πέντε πόλοι για την αύξηση της απασχόλησης με την αύξηση των επενδύσεων στην "πράσινη ανάπτυξη" θα είναι:

- i. Βιοκαύσιμα: 12.000.000 νέες θέσεις εργασίας παγκοσμίως εκ των οποίων τα 10.000.000 από την δημιουργία νέων προϊόντων,
- ii. Αιολική Ενέργεια: 2.100.000 νέες θέσεις εργασίας παγκοσμίως,

iii. Ηλιακή Ενέργεια: 6.300.000 νέες εργασίας κατανεμημένες στην κατασκευή τόσο φωτοβολταϊκών όσο και ηλιοθερμικών συστημάτων,

iv. «Καθαρά» αυτοκίνητα: 3.800.000 νέες θέσεις εργασίας μέσω της παραγωγής οχημάτων υψηλής αποδοτικότητας καυσίμων,

v. Ενεργειακός σχεδιασμός καυσίμων: 2.300.000 νέες θέσεις εργασίας στην κατασκευή φιλικών προς το περιβάλλον σπιτιών. (Έθνος της Κυριακής – φύλλο 18-19/4/2009)

2.2.1 Πλεονεκτήματα των Α.Π.Ε.

- Συμβολή στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς, μη ανανεώσιμους ενεργειακούς πόρους,
- Συμβολή στην άμβλυση του φαινομένου του θερμοκηπίου, καθώς συνεισφέρουν στον περιορισμό της εκπομπής των αερίων του θερμοκηπίου (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆) στην ατμόσφαιρα,
- Συνεισφορά στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο,
- Αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, εξαιτίας της γεωγραφικής τους διασποράς, με αποτέλεσμα τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο και τη συνεπακόλουθη ανακούφιση των συστημάτων υποδομής και τον περιορισμό των απωλειών από τη μεταφορά ενέργειας,
- Δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων, με διαφορετικές λύσεις για διαφορετικές ενεργειακές ανάγκες (για παράδειγμα χρήση ηλιακής ενέργειας για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, χρήση αιολικής ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή κ.ά.),
- Χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων εκτός της βιομάζας,
- Συνεισφορά στην αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών με τη δημιουργία θέσεων εργασίας και την προσέλκυση ανάλογων επενδύσεων (π.χ. καλλιέργειες θερμοκηπίου με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας),
- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας σημαντικά μειωμένα κατάλοιπα και απόβλητα σε σχέση με τις συμβατικές πηγές,
- Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα,
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτόρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου,
- Είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες

παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις,

- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής,
- Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.

2.2.2 Μειονεκτήματα των Α.Π.Ε.

- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Γι' αυτό και μέχρι σήμερα χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας,
- Προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων ή του συνόλου ενός Κράτους,
- Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται,
- Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή των χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα σε σύντομο χρονικό διάστημα θα έχουν λυθεί,
- Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω απ' το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου – πολλοί επιστήμονες δεν κατατάσσουν την υδροηλεκτρική ενέργεια στις μη Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας,
- Τα βιοκαύσιμα πέραν της μειωμένης ενεργειακής απόδοσης (χιλιόμετρα κίνησης ανά λίτρο καυσίμου) παρουσιάζουν σημαντικά προβλήματα με την μεταφορά και την διάθεση τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΒΙΟΜΑΖΑ

3 ΒΙΟΜΑΖΑ

3.1 Γενικά

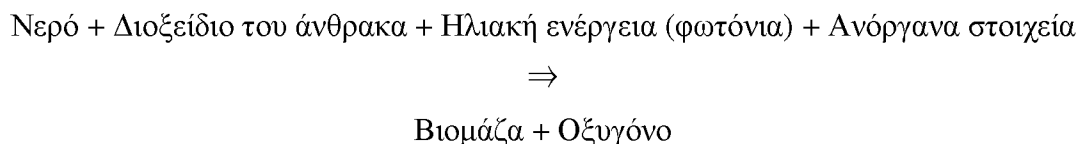
Ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά, στον όρο βιομάζα εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, σ' αυτήν περιλαμβάνονται:

- ✓ οι φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα, όπως π.χ. τα αυτοφυή φυτά και δάση, είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες (έτσι ονομάζονται τα φυτά που καλλιεργούνται με σκοπό την παραγωγή βιομάζας για παραγωγή ενέργειας) γεωργικών και δασικών ειδών, όπως π.χ. το σακχαρούχο σόργο, το καλάμι, ο ευκάλυπτος, η ελαιοκράμβη κ.ά.,
- ✓ τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως π.χ. τα άχυρα, στελέχη αραβόσιτου, στελέχη βαμβακιάς, κλαδοδέματα, κλαδιά δένδρων, κτηνοτροφικά απόβλητα, οι κληματίδες, φύκη κ.ά.,
- ✓ τα υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών, όπως π.χ. τα ελαιοπυρηνόξυλα, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, το πριονίδι κ.ά., καθώς και το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.

Η βιομάζα αποτελεί μία «δεσμευμένη» μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών.

Κατά αυτήν, τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα με μια σειρά διεργασιών – σπουδαίο ρόλο εδώ παίζει η χλωροφύλλη των φυτών, - χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα καθώς και το διαθέσιμο νερό και τα ανόργανα συστατικά του εδάφους.

Η διεργασία αυτή μπορεί να παρασταθεί σχηματικά ως εξής:



Από τη στιγμή που σχηματίζεται η βιομάζα, μπορεί πλέον κάλλιστα να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας.

Η βιομάζα αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να συμβάλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια, αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο κ.ά.). Η χρήση της βιομάζας ως πηγής ενέργειας δεν είναι νέα. Σ' αυτήν, εξάλλου, συγκαταλέγονται τα καυσόξυλα

και οι ξυλάνθρακες που, μέχρι το τέλος του περασμένου αιώνα, κάλυπταν το 97% των ενεργειακών αναγκών του πλανήτη.

Η βιομάζα στη χώρα μας χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή, κατά τον παραδοσιακό τρόπο, θερμότητας στον οικιακό τομέα (μαγειρική, θέρμανση), για τη θέρμανση θερμοκηπίων, σε ελαιουργεία, καθώς και, με τη χρήση πιο εξελιγμένων τεχνολογιών, στη βιομηχανία (εκκοκκιστήρια βαμβακιού, παραγωγή προϊόντων ξυλείας, ασβεστοκάμινοι κ.ά.), σε περιορισμένη, όμως, κλίμακα. Ως πρώτη ύλη σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται υποπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου, ελαιοπυρηνόξυλα, κουκούτσια ροδακίνων και άλλων φρούτων, τσόφλια αμυγδάλων, βιομάζα δασικής προέλευσης, άχυρο σιτηρών, υπολείμματα εκκοκκισμού κ.ά.

Είναι επίσης γεγονός ότι μεγάλες εταιρίες προετοιμάζονται να επενδύσουν στο χώρο της διαχείρισης των αστικών απορριμμάτων και ειδικότερα της Αττικής η οποία παράγει καθημερινά 9.500 τόνους απορριμμάτων (Ηλέκτωρ, Intrakat, Lamda Waste, Envitec κ.α.) (Real planet – φύλλο 19/7/2009).

Στη χώρα μας 10 εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήσιμης γης έχουν ήδη περιθωριοποιηθεί ή προβλέπεται να εγκαταλειφθούν στο άμεσο μέλλον. Εάν η έκταση αυτή χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών, το καθαρό όφελος σε ενέργεια που μπορεί να αναμένεται υπολογίζεται σε 5-6 ΜΤΠΠ (1 ΜΤΠΠ = 106 ΤΠΠ - όπου ΤΠΠ σημαίνει: Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου) δηλαδή στο 50-60% της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου στην Ελλάδα.

Στον ελληνικό χώρο έχει αποκτηθεί σημαντική εμπειρία στον τομέα των ενεργειακών καλλιεργειών. Από την πραγματοποίηση σχετικών πειραμάτων και πιλοτικών εφαρμογών του Κ.Α.Π.Ε. (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας), προέκυψαν τα εξής σημαντικά στοιχεία:

- Η ποσότητα βιομάζας που μπορεί να παραχθεί ανά ποτιστικό στρέμμα ανέρχεται σε 3-4 τόνους ξηρής ουσίας, ήτοι 1-1,6 ΤΠΠ.
- Η ποσότητα βιομάζας, που μπορεί να παραχθεί ανά ξηρικό στρέμμα μπορεί να φτάσει τους 2-3 τόνους ξηρής ουσίας, ήτοι 0,7-1,2 ΤΠΠ.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρησιμοποίηση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας είναι τα ακόλουθα:

1. Η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου, και κυρίως του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που παράγεται από την καύση των ορυκτών καυσίμων. Η βιομάζα δεν συνεισφέρει στην αύξηση της συγκέντρωσης του ρύπου αυτού στην ατμόσφαιρα γιατί, παρότι κατά την καύση της παράγεται CO₂, κατά την παραγωγή της και μέσω της φωτοσυνθετικής διαδικασίας επαναδεσμεύονται (ανακυκλώνονται) σημαντικές ποσότητες CO₂.
2. Η αποφυγή της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας με το διοξείδιο του θείου (SO₂) που παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων και συντελεί στο φαινόμενο της “όξινης βροχής”. Η περιεκτικότητα της βιομάζας σε θείο είναι πρακτικά αμελητέα.

3. Η μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, που είναι αποτέλεσμα της εισαγωγής καυσίμων από τρίτες χώρες, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος.
4. Η εξασφάλιση εργασίας και η συγκράτηση των μη αστικών πληθυσμών στις αγροτικές περιοχές, συμβάλλοντας έτσι στην περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας.

Τα μειονεκτήματα που συνδέονται με τη χρησιμοποίηση της βιομάζας και αφορούν, ως επί το πλείστον, δυσκολίες στην εκμετάλλευσή της, είναι τα εξής:

1. Ο μεγάλος όγκος της και η μεγάλη περιεκτικότητά της σε υγρασία, ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας.
2. Η δυσκολία στη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευσή της, έναντι των ορυκτών καυσίμων.
3. Οι δαπανηρότερες εγκαταστάσεις και εξοπλισμός που απαιτούνται για την αξιοποίηση της βιομάζας, σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.
4. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της.

Εξ' αιτίας των παραπάνω μειονεκτημάτων, το κόστος της βιομάζας παραμένει, συγκριτικά προς το πετρέλαιο, υψηλό. Ήδη, όμως, υπάρχουν εφαρμογές στις οποίες η αξιοποίηση της βιομάζας παρουσιάζει οικονομικά οφέλη. Επιπλέον, το πρόβλημα αυτό βαθμιαία εξαλείφεται, αφ' ενός λόγω της ανόδου και των κερδοσκοπιών σχετικά με την τιμή του πετρελαίου, αφ' ετέρου και σημαντικότερο, λόγω της βελτίωσης και ανάπτυξης των τεχνολογιών αξιοποίησης της βιομάζας. Τέλος, πρέπει κάθε φορά να συνυπολογίζεται και το περιβαλλοντικό όφελος, το οποίο, αν και συχνά δεν μπορεί να αποτιμηθεί με οικονομικά μεγέθη, εντούτοις είναι ουσιαστικής σημασίας για την ποιότητα της ζωής και το μέλλον της ανθρωπότητας.

Η αξιοποίηση της βιομάζας σε μονάδες παραγωγής θερμότητας για τη θέρμανση θερμοκηπίων αποτελεί μία ενδιαφέρουσα και οικονομικά συμφέρουσα προοπτική για τους ιδιοκτήτες τους. Ήδη, στο 10% περίπου της συνολικής έκτασης των θερμαινόμενων θερμοκηπίων της χώρας, αξιοποιούνται διάφορα είδη βιομάζας.

Η παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική διεργασία επικεντρώνεται, κυρίως, στην παραγωγή βιοντίζελ (έλαια) ως υποκατάστατο του πετρελαίου κίνηση και θέρμανσης και βιοαιθανόλης (οινοπνεύματος) με ζύμωση σακχάρων, αμύλου, κυτταρινών και ημικυτταρινών που προέρχονται από διάφορα είδη βιομάζας (αραβόσιτος, σαγχαρούχο σόργο, σιτάρι κ.ά.). Η τεχνολογία ζύμωσης των σακχάρων είναι σήμερα γνωστή και ανεπτυγμένη, ενώ εκείνη της ζύμωσης των κυτταρινών και ημικυτταρινών βρίσκεται υπό εξέλιξη (βιοκαύσιμα δεύτερης γενεάς). Η βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κινητήρες οχημάτων, ως έχει ή σε πρόσμειξη με βενζίνη, ως καύσιμο κίνησης.

3.2 Ενεργειακές καλλιέργειες

Οι ενεργειακές καλλιέργειες, στις οποίες περιλαμβάνονται τόσο ορισμένα καλλιεργούμενα είδη όσο και άγρια φυτά, έχουν σαν σκοπό την παραγωγή βιομάζας, η οποία μπορεί, στη συνέχεια, να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα σχετικά με τις εφαρμογές της βιομάζας.

Από μελέτες και γεωργικά πειράματα που έγιναν στον Ευρωπαϊκό χώρο κατά τη τελευταία 25ετία σχεδόν, καταγράφηκαν φυτά (Venendaal, et.al, 1999), κατάλληλα για τις διάφορες κλιματολογικές συνθήκες που παρουσιάζει η Ευρώπη. Φυτά σαν την αγριαγκινάρα, τον ευκάλυπτο, το γλυκό σόργο ή το κενάφ καλλιεργούνται μόνο στη Μεσογειακή ζώνη, ενώ άλλα όπως η ιτιά και η ελαιοκράμβη είναι περισσότερο προσαρμοσμένα στις ψυχρές κλιματικές συνθήκες της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης. Φυτά όπως ο μίσχανθος μπορούν, υπό προϋποθέσεις, να καλλιεργηθούν σε όλο τον Ευρωπαϊκό χώρο, από τη Σικελία ως τη Δανία.

Ανάλογα με την περιοχή καλλιέργειας έχει διαπιστωθεί μεγάλη διαφοροποίηση στη παραγωγικότητα και συνεπώς και στην οικονομικότητα της κάθε καλλιέργειας. Πολύ υψηλές αποδόσεις (3-4 Mg ξηρό βάρος στρέμμα⁻¹) έχουν καταγραφεί πχ. για το σόργο, το μίσχανθο και το καλάμι στη Ν. Ευρώπη, όμως αυτές αναφέρονται σε αρδευόμενες καλλιέργειες και μικρά πειραματικά τεμάχια, ενώ σε μεγάλης κλίμακας καλλιέργειες ιτιάς στη Σουηδία έχουν καταγραφεί μόλις 0,8-1 Mg ξηρού βάρους στρέμμα⁻¹ (Κ.Α.Π.Ε., 2005).

Ειδικότερα στην Ελλάδα, εξαιτίας των ευνοϊκών κλιματικών συνθηκών, πολλές καλλιέργειες προσφέρονται για ενεργειακή αξιοποίηση και δίνουν υψηλές στρεμματικές αποδόσεις. Οι πιο σημαντικές από αυτές είναι του καλαμιού, της αγριοαγκινάρας, του σακχαρούχου σόργου, του μίσχανθου, του ευκάλυπτου και της ψευδοακακίας, για τις οποίες, τα τελευταία χρόνια, γίνεται εντατική μελέτη εφαρμογής στις ελληνικές συνθήκες.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες διακρίνονται σε ετήσιες και πολυετείς ανάλογα με το κύκλο ζωής. Στην Ελλάδα έχει εξεταστεί ένας μεγάλος αριθμός ενεργειακών καλλιεργειών που θεωρούνται ως οι πλέον κατάλληλες και υποσχόμενες για τις μεσογειακές εδαφοκλιματικές συνθήκες (Χρήστου και συνεργάτες, 2005). Αυτές είναι:

Πολυετείς:

- Γεωργικές: Αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus*), Καλάμι (*Arundo donax* L.), Μίσχανθος (*Miscanthus x giganteus*), Switchgrass (*Panicum virgatum*).
- Δασικές: Ευκάλυπτος (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. & E globules Labill.), Ψευδακακία (*Robinia pseudoacacia*).

Ετήσιες:

Σακχαρούχο ή Γλυκό Σόργο και Ινώδες Σόργο (*Sorghum bicolor* L. Moench), Κενάφ (*Hibiscus cannabinus* L.), Ελαιοκράμβη (*Brassica napus* L.), βρασσική η αιθιοπία (*Brassica carinata* L. Braun).

3.2.1 Γλυκό και ινώδες σόργο.

3.2.1.1 Γενικά

Προήλθε πιθανόν από την Αιθιοπία πριν από 5000 – 7000 χρόνια, όπως άλλωστε και πολλές άλλες ποικιλίες που σήμερα χρησιμοποιούνται ευρέως. Ιστορικά δεδομένα αναφέρουν ότι το φυτό αναπτύχθηκε σε μεγάλες εκτάσεις αντίστοιχα και στην Ινδία, ενώ μεταφέρθηκε στην Ασσυρία μετά το 700 π.Χ. Στην Κίνα εμφανίζεται μόλις τον 13 αιώνα π.Χ. και στον Δυτικό Κόσμο πολύ αργότερα.

Παράγεται σήμερα σε 99 χώρες ανά τον κόσμο σε σύνολο 44 εκατομμυρίων εκταρίων (ha), κυρίως σε φτωχές και άνυδρες περιοχές που είναι σχετικά μη συμβατές και αφιλόξενες στην καλλιέργεια του αραβόσιτου, έχει μεγάλη φωτοσυνθετική ικανότητα και μικρές απαιτήσεις σε χημική λίπανση, διαθέτει πολλά πλεονεκτήματα όπως η χρήση του σε διάφορα προγράμματα αμειψισπορών και επιτυγχάνει υψηλές αποδόσεις σε χλωρή και ξηρή βιομάζα, με αποτέλεσμα να τύχει ιδιαίτερης προσοχής τα τελευταία κυρίως χρόνια ως εναλλακτικής πηγής για την παραγωγή βιοκαυσίμων.

Ειδικότερα η ποικιλία Keller (η οποία και χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα) διαθέτει υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα και σε παραγωγή ζάχαρης η οποία εξαρτάται από το χρόνο συγκομιδής, περίπου 8–11,5% επί της συνολικής παραγόμενης χλωρής βιομάζας (Kavadakis et al., 2000) ή 9–14,5% επί της συνολικής παραγόμενης χλωρής βιομάζας των βλαστών (Dalianis et al., 1995 ; Alexoroulou et al., 1998). Η ποικιλία Keller του Γλυκού Σόργου έχει αποδειχθεί ότι είναι η πλέον παραγωγική από πλευράς ενεργειακής απόδοσης για τα κλιματικά δεδομένα της Μεσογείου. Αυτό αναφέρεται σε πειράματα που έγιναν στην Ισπανία (Curt et al., 2000), με ύψη φυτών 3,5 m, παραγωγή σε ξηρή βιομάζα 28,5 Mg ha⁻¹ και ποσοστό ζυμώσιμων σακχάρων επί του συνολικού βάρους ξηρής βιομάζας των βλαστών 43%, επίσης σε διάφορες περιοχές στην Ελλάδα (Dalianis et al., 1994), με ύψη φυτών μεγαλύτερα των 3,3 m, μέγιστη απόδοση σε χλωρή βιομάζα 103,4 Mg ha⁻¹ και ποσοστό ζυμώσιμων σακχάρων επί της συνολικής χλωρής βιομάζας των φυτών 11,1–13,2%. Επίσης σε πρόσφατη έρευνα στην Ελλάδα (Alexoroulou et al., 2000), μετρήθηκαν ύψη φυτών πλησίον των 3,5 m, παραγωγή σε ξηρή βιομάζας 30-39 Mg ha⁻¹ και ποσοστό ζυμώσιμων σακχάρων επί του συνολικού βάρους χλωρής βιομάζας των φυτών 9,5-11,4%. Αντίστοιχα ήταν και τα αποτελέσματα σε πειράματα που διεξήχθησαν στην Ρουμανία (Roman et al., 1998a), μετρήθηκε παραγωγή σε ξηρή βιομάζα 28 Mg ha⁻¹ και αντίστοιχα σε χλωρή βιομάζα 114 Mg ha⁻¹. Τέλος, σε πειράματα που έγιναν στην Ιταλία (Foti et al., 2004),

μετρήθηκε παραγωγή σε ξηρή βιομάζα 21-27 Mg ha⁻¹. Πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι 1 Mg ξηρής βιομάζας αντιστοιχεί σε 0,4 Mg ισοδυνάμων πετρελαίου (Dolcioti et al., 1996) και 1 kg σακχαρόζης μπορεί να αποδώσει 538–700 g ή 648–843 l αιθανόλης με το ειδικό βάρος αυτής να κυμαίνεται από 0,789 έως τα 0,870 kg l⁻¹ (Wilhoit and Zwolinski, 1973; Bryan et al., 1981; Smith et al., 1987; Soldatos and Chatzidaki, 1999; U.S. Department of Energy, 2005).

Σήμερα η συνολική έκταση που καλλιεργείται με Σόργο το κατατάσσει στην πέμπτη θέση μεταξύ των οκτώ πλέον διαδεδομένων δημητριακών και μάλιστα σε ποσοστό 7% επί του συνόλου.

Οι χώρες με τις μεγαλύτερες παραγωγές ανήκουν γεωγραφικά στην Ασία και είναι η Κίνα, η Ινδία, το Ιράν, το Πακιστάν, η Κορέα κ.α. Σημαντικές επίσης παραγωγές εμφανίζουν οι Η.Π.Α. (85 εκ. στρ.), η Αυστραλία και αρκετές χώρες της Κεντρικής και Νοτίου Αμερικής με την Βραζιλία να έχει μεταξύ αυτών τη σπουδαιότερη θέση. Στην Ελλάδα η καλλιέργεια του Σόργου δεν ξεπερνά τα 10.000 στρέμματα, κυρίως στις περιοχές του βορείου τμήματος του Ν. Έβρου (η περιφέρεια σκούπα).

3.2.1.2 Βοτανική ταξινόμηση

Το σόργο ανήκει στην οικογένεια των αγρωστωδών (Poaceae ή Graminae). Είναι φυτό μόνοικο με άνθη διγενή ή μονογενή (οι καλλιεργούμενες ποικιλίες έχουν μονοκλινή φυτά).

Είναι φυτά μόνοικα και μονοκλινή ή δίκλινα, ανεμόφιλα καθώς αυτόγονιμοποιούνται ή σταυρό-γονιμοποιούνται σε ανάλογα ποσοστά. Η άνθιση ξεκινά από την κορυφή και προχωρά προς την βάση λαμβάνοντας χώρα την νύχτα ή κατά τις πρώτες πρωινές ώρες και διαρκεί 6-15 ημέρες. Η ταξιανθία είναι φόβη και ο καρπός καρύωση με σχήμα σφαιρικό ή ωοειδές. Τα σταχύδια είναι διανθή με ένα γόνιμο άνθος το οποίο δεν έχει ποδίσκο και ένα άγονο συνήθως με ποδίσκο. Το γόνιμο άνθος αποτελείται από 2 λέπυρα, 3 στήμονες, 1 ύπερο με μονόχωρη ωσθήκη, 2 στύλους και 2 γλωχίνες (που είναι η βάση του ύπερου). Η ταξιανθία έχει μήκος 20-70cm. Το σόργο έχει την ικανότητα να αδελφώνει αναπτύσσονται βλαστούς από τους οφθαλμούς της βάσης.

Τα φύλλα έχουν οδοντώσεις στις παρυφές του ελάσματος, φέρουν εφυμενίδα με κηρώδες επίχρισμα και πολλά μηχανικά κύτταρα στην άνω επιδερμίδα που αποδεικνύουν την ικανότητα συστροφής του ελάσματος σε περίοδο ξηρασίας με σκοπό την μείωση της απώλεια του νερού. Ο ρυθμός θανάτου στα φύλλα εξαρτάται από τη συνολική θερμοκρασία αλλά μπορεί να επηρεαστεί από τη σκίαση, την έλλειψη θρεπτικών στοιχείων, την ξηρασία, τον παγετό και τις ασθένειες. Το έλασμα του σόργου διακρίνεται από εκείνο του καλαμποκιού από το ότι φέρει δοντάκια περιφερειακά. Επίσης η περιφέρεια του ελάσματος είναι λεία και έχουν σαφώς μικρότερο μέγεθος. Οι κρίσιμες τιμές της δυνητικής πίεσης στα στόματα των φύλλων

για την κανονική εφίδρωση τους και την ορθή λειτουργία της αναπνοής κυμαίνονται από -0,9 έως -2,0 MPa - ανάλογα και με το στάδιο ανάπτυξης με μ.ο. την τιμή -1,2 MPa – (Slabbers, 1980). Επίσης, οι κρίσιμες τιμές σε συγκεντρώσεις Na ή Cl, σε αρδευτικό νερό το οποίο χορηγείται με καταιονισμό στα φυτά του γλυκού σόργου χωρίς την σοβαρή καταστροφή του φυλλώματος κυμαίνεται από 10 – 20 mol m⁻³ (Mass, 1990).



Η διαφορά του αριθμού των κόμβων σε σχέση με τον αριθμό των φύλλων οφείλεται στο ότι οι κόμβοι δεν μειώνονται σε αριθμό με την έναρξη της διαδικασίας του βιολογικού γήρατος. Ο βλαστός του Σόργου είναι καλάμι και αποτελείται από 7-18 μεσογονάτια διαστήματα και το ύψος του κυμαίνεται μεταξύ των 1,2 και 5,5 μέτρων ανάλογα με την ποικιλία και την καλλιεργητική τεχνική που εφαρμόζεται (άρδευση – λίπανση).

Διακρίνονται δύο είδη ριζικού συστήματος το εμβρυακό και το μόνιμο ή δευτερογενές. Το πρώτο αποτελείται από μία μόνο ρίζα ή οποία μπορεί να φτάσει σε βάθος 1-1,5 μέτρο και διατηρείται εν ζωή έως το φυτό να ολοκληρώσει τον βιολογικό του κύκλο. Αντίθετα το δευτερογενές έχει τη μορφή θυσάνου και σε συνθήκες ικανοποιητικής υγρασίας το μεγαλύτερο ποσοστό του (ενεργό ριζόστρωμα) εκτείνεται μεταξύ του 0,9-1,2 m, ενώ σε πλήρως ανεπτυγμένα φυτά μπορεί να φτάσει και τα 2,7 m. Έχει λεπτότερες και πιο ινώδεις ρίζες από τον αραβόσιτο, ενώ οι μόνιμες ρίζες του κατά μονάδα μήκους, δευτερογενούς εμβρυακής μορφής, είναι διπλάσιες του αραβόσιτου. Αυτό επιτρέπει στο σόργο να έχει μεγαλύτερη ικανότητα απορρόφησης του διαθέσιμου ύδατος από τον εδαφικό όγκο. Παρατηρούνται επίσης επί το πλείστον και εναέριες ρίζες, που εκφύονται από τους κόμβους του στελέχους.

Το βάρος του σπόρου κυμαίνεται μεταξύ των 20 - 40 g (βάρος 1000 καρπών), έχει μήκος 8 – 35 mm και περιέχει κατά μέσο όρο 12% πρωτεΐνες, 3% έλαια, 70% υδατάνθρακες και μικρή περιεκτικότητα σε βιταμίνες.

3.2.1.3 Καλλιεργητικές τεχνικές

Η σπορά γίνεται την Άνοιξη και μάλιστα περίπου δύο εβδομάδες μετά την σπορά του αραβοσίτου. Η καλύτερη περίοδος για τις Εύκρατες περιοχές θεωρείται αυτή από τα μέσα Μαΐου έως και τις αρχές Ιουνίου.

Οι επιδράσεις της θερμοκρασίας και της ηλιακής ακτινοβολίας μπορούν να θεωρηθούν υπεύθυνες για πολλές από τις διαφορές που παρατηρούνται στην παραγωγή της οργανικής ουσίας μεταξύ των καλλιεργειών.

Θερμοκρασία και ανάπτυξη φυτών - Θερμοχρόνος

$$S(t) = a(T-T_i) \int_{t=0}^t dt \quad (3.1)$$

$S(t)$: Χρονική διάρκεια φαινολογικού σταδίου, T : θερμοκρασία, T_i : κατώφλι θερμοκρασίας (θερμοκρασία βάσης) πάνω από το οποίο εκδηλώνεται η ανάπτυξη των φυτών, $1/a$: θερμοχρόνος (δηλ. αθροιστική θερμοκρασία που απαιτείται για την ολοκλήρωση ενός φαινολογικού σταδίου) - μονάδες θερμοχρόνου: θερμοημέρες (degree days).

Απαιτεί λοιπόν θερμοκρασίες εδάφους 7-10 °C για επιτυχές φύτευμα, ενώ η αντίστοιχη θερμοκρασία ανάπτυξης πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση των 16 °C.

Πάντως είναι γενικότερα θερμοφίλο φυτό καθώς οι μεγαλύτερες αποδόσεις επιτυγχάνονται σε θερμοκρασίες αέρα μεταξύ των 27 και 29 °C.

Τα στάδια ανάπτυξης του σόργου είναι τα παρακάτω:

Στάδιο 0: εμφάνιση,

Στάδιο 1: 3-φύλλων,

Στάδιο 2: 5-φύλλων,

Στάδιο 3: διαφοροποίησης ανάπτυξης,

Στάδιο 4: εμφάνιση του τελευταίου φύλλου στον κορυφαίο σπόνδυλο (leaf-flag),

Στάδιο 5: περιάνθιου,

Στάδιο 6: ημι-άνθησης,

Στάδιο 7: μαλακής ζύμης,

Στάδιο 8: σκληρής ζύμης,

Στάδιο 9: φυσιολογικής ωριμότητας.

Σε αντίθεση με τον αραβόσιτο, το Σόργο δεν αποθηκεύει τους υδατάνθρακες (από την υδρόλυση των οποίων προέρχεται η αιθανόλη) στον καρπό αλλά κυρίως στο καλάμι, στα φύλλα και στο μίσχο. Επίσης η κυριότερη διαφοροποίηση μεταξύ των δύο φυτών έγκειται στο μειωμένο χρόνο συγκομιδής που κυμαίνεται μεταξύ των 8-10 εβδομάδων στο Σόργο.

Παρόλο που είναι τροπικής προελεύσεως, μπορεί να αναπτυχθεί άριστα σε υποτροπικές και εύκρατες περιοχές της υφηλίου. Ορισμένα μάλιστα υβρίδια Σόργου που προορίζονται για την παραγωγή ίνας αναπτύσσονται άριστα σε Μεσογειακές κλιματολογικές συνθήκες θερμοκρασίας και βροχόπτωσης.

Οι μεν γραμμές σποράς καθορίζονται ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζεται το Σόργο (για σάκχαρο, για καρπό, για ίνα, για ενέργεια, κτλ.) και κυμαίνονται από 40-120 cm, οι δε αποστάσεις των φυτών επί της γραμμής σποράς εξαρτώνται από την πυκνότητα σποράς και την καλλιεργητική τεχνική και κυμαίνονται από 8 έως 15 cm.

Μεγάλο βέβαια πλεονέκτημα της καλλιέργειας είναι το σχετικά μικρό κόστος εγκατάστασης των φυτών στον αγρό, ενώ αραίωμα απαιτείται μόνο στην περίπτωση που η καλλιέργεια θα χρησιμοποιηθεί για την συλλογή των καρπών. Η τοποθέτηση του σπόρου γίνεται με μία απλή σπαρτική σιτηρών σε βάθος 3 έως 4 cm.

Το Σόργο αντιδρά επιτυχώς στην αζωτούχο και τη φωσφορική λίπανση. Για παραγωγές σε χλωρή βιομάζα της τάξης των 5-7 Mg στρέμμα⁻¹ τα φυτά καταναλώνουν περίπου 5 kg στρέμμα⁻¹ P. Ανάλογα με την εδαφολογική συμπεριφορά του χωραφιού και για παραγωγές της τάξης των 5-7 Mg στρέμμα⁻¹ απαιτούνται περίπου 5 με 7 κιλά N σε εδάφη πλούσια σε οργανική ουσία, σε μία δόση λίγο πριν ή λίγο μετά τη σπορά, και σε αμμώδη εδάφη σε δύο δόσεις μία πριν τη σπορά και μία περίπου 30 ημέρες μετά (Undersander., et al, 1990). Συνήθως χορηγούνται 4-15 μονάδες N και 4-7 μονάδες P στο στρέμμα αντίστοιχα (Dercas et al., 1995).

Είναι πάντως σύνηθες σε ικανοποιητικές συνθήκες εδαφικής υγρασίας να μην πραγματοποιείται κανενός είδους λιπαντική αγωγή, πριν το πέρας 2 ή 3 ετών, καθώς το φυτό κυρίως εξαιτίας του εκτεταμένου ριζικού του συστήματος, δεσμεύει το φυσικό άζωτο καθώς και άλλα θρεπτικά στοιχεία από το έδαφος. Γι' αυτό άλλωστε θεωρείται σημαντική η συμβολή του στην οικοδόμηση της νέας αειφορικής γεωργίας των χαμηλών εισροών.

Το Σόργο μπορεί να ακολουθήσει σε πρόγραμμα αμειψισποράς οποιοδήποτε φυτό αλλά καλό είναι να προηγούνται ψυχανθή, καθώς έχουν παρατηρηθεί μειωμένες αποδόσεις όταν μετά το Σόργο ακολουθούν χειμερινά σιτηρά, διότι το πληθωρικό ριζικό σύστημα του φυτού εξαντλεί τη διαθέσιμη υγρασία και τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους. Επίσης σημαντικά προβλήματα παρουσιάστηκαν με την ανάπτυξη και παραγωγικότητα διαφόρων εαρινών καλλιεργειών όπως το βαμβάκι και ο αραβόσιτος, διότι η υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρο των ριζικών υπολειμμάτων της καλλιέργειας του Σόργου οδηγεί στην ανάπτυξη μικροοργανισμών οι οποίοι

ανταγωνίζονται τα φυτά σε άζωτο και θρεπτικά στοιχεία κατά την φάση της αποσυνθέσεως τους.

Το σημαντικότερο βέβαια πλεονέκτημα του Σόργου είναι η αντοχή του σε εκτεταμένες περιόδους ξηρασίας. Η ανατομική κατασκευή των φύλλων του και το εκτενές ριζικό του σύστημα, σε συνδυασμό με την ικανότητα να αναστέλλει την ανάπτυξή του (λήθαργος) σε περιόδους ξηρασίας, του δίδει την δυνατότητα να υποκαθιστά την καλλιέργεια του καλαμποκιού, ειδικότερα σε περιοχές με χαμηλές τιμές βροχόπτωσης.

Επάξια λοιπόν του έχει δοθεί το προσωνύμιο φυτό “καμήλα” μεταξύ των υπολοίπων καλλιεργειών. Μάλιστα ακόμη και αν το κεντρικό στέλεχος δεν επανέλθει έχει την δυνατότητα της ανάπτυξης νέων βλαστών (αδέλφια) με αποτέλεσμα να αποδίδει ικανοποιητικά. Στις περιπτώσεις μάλιστα που καλλιεργείται για τη ξηρή ή χλωρή του βιομάζα δεν πραγματοποιείται κανενός είδους αραίωμα ή κοπή των επιπλέον βλαστών (αδέλφια) που αυτό αναπτύσσει.

Στις περιπτώσεις βέβαια που υπάρχει διαθέσιμο νερό καλό είναι να αρδεύεται αμέσως μετά τη σπορά, και καθ’ όλη την καλλιεργητική του περίοδο. Η κρίσιμη πάντως περίοδος είναι λίγο πριν την εμφάνιση των ταξιανθιών έως και την περίοδο της μαλακής ζύμης.

Παρότι θεωρείται από τα φυτά με τις χαμηλότερες απαιτήσεις σε νερό (Mastorilli et al., 1995), η άρδευση θεωρείται απαραίτητη. Μάλιστα σε συνδυασμό με υψηλής γονιμότητας εδάφη δύναται να επιτευχθούν πολύ υψηλές παραγωγές.

Σε αντιπαράβολή με τη λιπαντική αγωγή η οποία δεν παίζει σπουδαίο ρόλο στην παραγωγή βιομάζας ή ζάχαρης, αντίθετα η επάρκεια αρδευτικού νερού παίζει σημαντικό ρόλο στην παραγωγή χλωρής και ξηρής βιομάζας.

Ειδικότερα, για τα κλιματικά δεδομένα του Θεσσαλικού κάμπου ο μέσος όρος των συνολικών αναγκών σε αρδευτικό νερό των καλλιεργειών κατά την αρδευτική περίοδο υπολογίζεται σε $480 \text{ m}^3 \text{ στρέμμα}^{-1}$ συνυπολογιζομένου και ενός ποσοστού απωλειών περίπου 20% (Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, 1996).



Anacetrinus deplanatus
Προσβολή της κορυφής

Αφίδες *Rhopalosiphum maidis*

Αφίδες *Schizophis graminum*



Προνύμφη *Sesamia nonagriodes* (Lef). (αριστερά)- Ακμαίο έντομο της ίδιας προνύμφης (δεξιά)

Για την καταπολέμηση των ζιζανίων αποτελεσματική αποδεικνύεται η χρήση των προ-φυτρωτικών προπαζίνη ή και CDAA σε δόσεις 150-250 g στο στρέμμα.

Οι κυριότεροι εχθροί του φυτού είναι οι σιδηροσκώληκες, το πράσινο σκουλήκι (προσβάλλει τα φύλλα και τους σχηματισμένους καρπούς), η μύγα του Σόργου (καταστροφή του κορυφαίου μεριστώματος), και η σεσάμια (εμποδίζεται η εμφάνιση ταξιανθιών).

Οι σπουδαιότερες ασθένειες που προσβάλλουν το φυτό είναι οι σηψήριζες (νανισμός), οι σήψεις του στελέχους (πλάγιασμα – πρώιμη ωρίμανση), οι σκωριάσεις καθώς επίσης και οι άνθρακες (π.χ. *Sphacelotheca sorghi*). Παρόλα αυτά τα νεαρά φυτά του Σόργου παρουσιάζουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα εμφανίζοντας μικρότερες ζημιές από την προσβολή των διαφόρων μυκήτων. Οι μυκητιάσεις κάνουν την εμφάνιση τους μετά το πέρας 60 με 70 ημερών από τη σπορά της καλλιέργειας, όταν βέβαια το ευνοούν και οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής (βροχοπτώσεις και εν συνεχεία υψηλές θερμοκρασίες).

Η συγκομιδή πραγματοποιείται ανάλογα με τη χρήση χορτοκοπτικής μηχανής (για σανό, για ενσίρωση, για βιομάζα κ.ο.κ.) και με την χρήση θεριζοαλωνιστικής (για καρπό). Προτιμάται η συλλογή για κτηνοτροφικούς σκοπούς να γίνεται όταν η υγρασία του καρπού κυμαίνεται μεταξύ των ποσοστών 18-22% και τούτο διότι, πρώτον αυξάνει η ξηρά ουσία του στελέχους των φυτών, και δεύτερον μειώνεται το ποσοστό του πρωσσικού οξέος (δηλητήριο) που περιέχεται στον καρπό και στο σανό.

3.2.1.4 Χαρακτηριστικά - πλεονεκτήματα

Ειδικότερα στις χώρες της Ασίας (Ινδία), Αφρικής αλλά και της Κεντρικής Αμερικής το Σόργο καταναλώνεται από μεγάλο μέρος του πληθυσμού, καθώς περιέχει υψηλά ποσά υδατανθράκων και αμύλου, γεγονός που του δίνει τη δυνατότητα υποκατάστασης του αραβοσίτου και του σιταριού στην παραγωγή άρτου και άλλων προϊόντων.

Επίσης οι πρωτεΐνες και το άμυλο που περιέχει αφομοιώνονται με βραδύτερους ρυθμούς σε σχέση με τα υπόλοιπα Δημητριακά, από το μεταβολισμό των ανθρώπων, με αποτέλεσμα η ποσοστιαία καθυστέρηση της πέψης να έχει ευεργετικά αποτελέσματα στους διαβητικούς. Περιέχει μάλιστα σε ικανοποιητικά ποσοστά αντί-οξειδωτικές ουσίες όπως οι φαινόλες και οι ταννίνες, οι οποίες θεωρούνται σύμφωνα με τα νέα ιατρικά δεδομένα, ενώσεις με ειδικευση στην πρόληψη του Καρκίνου και των καρδιαγγειακών παθήσεων (Karlson, 1980).

Το Σόργο είναι ετήσια καλλιέργεια μικρής φωτοπεριόδου με μεγάλη φωτοσυνθετική ικανότητα (Mastorilli et al., 1995). Ανήκει στην κατηγορία των C₄ φυτών δηλαδή μεταξύ αυτών που διαθέτουν δικαυβοξυλικές φωτοσυνθετικές ιδιότητες. Για τον λόγο αυτό άλλωστε ευδοκίμει και σε περιβάλλοντα αλατούχα έως ελαφρώς νατριομένα, καθώς το Νάτριο προάγει την δραστηριότητα της καρβοξυλικής φωσφορό-ενουλό-πυρουβίνης το κύριο δηλαδή ένζυμο της C₄ φωτοσύνθεσης.

Χαρακτηρίζεται ως “σχετικά ανθεκτικό” φυτό σε αλατούχο περιβάλλον. Με βάση τους πίνακες των Mass και Hoffman (1977) και του Mass (1985), οι οποίοι αναφέρονται στη μείωση της αποδοτικότητας των καλλιεργειών σε συνάρτηση με την αλατότητα του νερού άρδευσης (EC_{iw}) και τη μέση αλατότητα του εδάφους (EC_e), το Σόργο (*Sorghum bicolor* L.) είναι 100% αποδοτικό σε τιμές EC_{iw} = 4,5 mS cm⁻¹ και σε τιμές EC_e = 6,8 mS cm⁻¹. Μείωση της αποδοτικότητας σε ποσοστό 50% παρατηρείται για τιμές EC_{iw} = 6,7 mS cm⁻¹ και EC_e = 9,9 mS cm⁻¹ αντίστοιχα, οι οποίες θεωρούνται εξαιρετικά υψηλές (Mass, 1990).

Αντίθετα σε μετρίως νατριομένα έως ισχυρώς νατριομένα εδάφη, ειδικότερα όταν η συγκέντρωση του Νατρίου κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0,25% - 0,5% της ξηρής ουσίας των φύλλων, δημιουργούνται σοβαρά τοξικά συμπτώματα στο φυτό (Μήτσιος, 1999).

Έχει μάλιστα την ικανότητα, όπως άλλωστε και το Ζαχαροκάλαμο, το Καλαμπόκι, το Σακχαρότευτλο και άλλα φυτά της “παγίδευσης” και “ανακύκλωσης” μεγάλων ποσοτήτων του ατμοσφαιρικού CO₂ διαμέσου των βιοχημικών αντιδράσεων της αναπνοής και της φωτοσύνθεσης, που λαμβάνουν χώρα καθ’ όλη τη διάρκεια της αναπτυξιακής του διαδικασίας.

Μάλιστα το Σόργο μπορεί να αναπτυχθεί σε ένα μεγάλο εύρος εδαφών και είναι ανθεκτικό σε τιμές pH μεταξύ των τιμών 5,5-8,5. Ένα από τα βασικά άλλωστε πλεονεκτήματα του είναι ότι μπορεί να υποκαταστήσει επάξια τον αραβόσιτο σε πτωχά και κατακλιζόμενα εδάφη, καλό είναι όμως να αποφεύγονται τα βαριά-υγρά και πολύ όξινα εδάφη.

3.2.1.5 Παραγωγή Ενέργειας

Ανάλογα με την ενεργειακή του χρήση διακρίνουμε δύο ποικιλίες, το γλυκό Σόργο (sweet sorghum) για την παραγωγή βιοαιθανόλης, και το Ινώδες Σόργο (fiber sorghum) για την παραγωγή βιομάζας.

Ειδικότερα σε περιοχές με έντονο το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Λος Άντζελες, Πόλη του Μεξικού, Λονδίνο, Αθήνα κ.α.) θεωρείται πλέον αναγκαία η λύση της παραγωγής οξυγονωμένων καυσίμων με μείγμα αιθανόλης (USDA, 1990).

Η σημασία της χρήσης της αιθανόλης αναμένεται να αυξηθεί δεδομένου ότι τα περισσότερα ζητήματα υγείας σήμερα συσχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση. Σε πολλές μάλιστα χώρες, με υψηλές καθημερινές τιμές ατμοσφαιρικών ρύπων (π.χ. Η.Π.Α.), αποφασίστηκε η θεσμοθέτηση ειδικών φοροαπαλλαγών στους χρήστες αυτοκινήτων που θα επιλέξουν ως καύσιμη ύλη το εν λόγω μείγμα. Με το φορολογικό αυτό κίνητρο σε ισχύ για άλλα 10 έτη η παραγωγική ικανότητα της αιθανόλης αναμένεται να διπλασιαστεί μέχρι το 1995 και να τριπλασιαστεί μέχρι το έτος 2010 (Dinneen, 1991).

Ως ενεργειακό φυτό το γλυκό Σόργο καλλιεργείται σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες αλλά κυρίως στο εξωτερικό (π.χ. Βραζιλία, Η.Π.Α.). Από πρόσφατες έρευνες (Dalianis, 1996 ; Chatziathanassiou et al., 1998), η συγκεκριμένη καλλιέργεια παρουσίασε μια εντυπωσιακή προσαρμοστικότητα τόσο σε εύκρατα όσο και σε υποτροπικά κλίματα. Η απόδοση σε χλωρό βάρος του γλυκού Σόργου κυμαίνεται από 80-100 Mg ha⁻¹ στη Γερμανία, σε 92 Mg ha⁻¹ στην Ισπανία (Curt et al., 1995) και δύναται να ανέλθει στους 141 Mg ha⁻¹ στην Ελλάδα (Dalianis, 1996). Αντίστοιχα η παραγωγή του ινώδους Σόργου σε χλωρή βιομάζα έφτασε τους 90 Mg ha⁻¹ σε συγκομιδές στις αρχές του Φθινοπώρου στην Ελλάδα (Panoutsou, 1999).

Σημαντικά υψηλές παραγωγές σε χλωρή και ξηρή βιομάζα παρατηρήθηκαν σε πείραμα που έγινε στην Κεντρική Ελλάδα με διαφορετικές μεθοδολογίες άρδευσης (Sakellariou – Makrandonaki et al., 2001) και μάλιστα απουσία λιπαντικής αγωγής. Έτσι, στα πειραματικά τεμάχια που αρδεύτηκαν με υπόγεια στάγδην άρδευση η μέγιστη παραγωγή ξηρής βιομάζας άγγιξε τους 18,0 Mg ha⁻¹ και ακολούθησαν η επιφανειακή στάγδην άρδευση με 13,0 Mg ha⁻¹ ξηρής βιομάζας και η άρδευση με κανόνι βροχής με 12,0 Mg ha⁻¹ ξηρής βιομάζας. Επίσης παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά (LSD_{P=0,05}) των υπόγειων επαναλήψεων έναντι των επιφανειακών και της άρδευσης με κανόνι βροχής αναφορικά με το ύψος και τον δείκτη φυλλικής επιφάνειας (L.A.I.) που αντιπροσωπεύουν σημαντικές μεταβλητές της αναπτυξιακής εξέλιξης των φυτών, καθώς επίσης και σε ξηρή βιομάζα που αντιπροσωπεύει παράμετρο της παραγωγικότητας.

Επίσης, σε συμπεράσματα πειράματος που πραγματοποιήθηκε στη νότια Ρουμανία (Roman et al., 1998a), αναφέρεται ότι η μέγιστη παραγωγή σε ξηρή βιομάζα του γλυκού Σόργου έφτασε τους 28,0 Mg ha⁻¹, χωρίς περιορισμούς στις δόσεις άρδευσης (κάλυψη αναγκών στο 100% της εξατμισοδιαπνοής).

Αντίστοιχα ήταν και τα αποτελέσματα πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν στην Ισπανία (Curt, 1998), όσον αφορά τη παραγωγή σε ξηρή βιομάζα του γλυκού και ινώδους Σόργου, εφαρμόζοντας τρία διαφορετικά επίπεδα λιπαντικής αγωγής (0, 60, 120 kg N ha⁻¹). Έτσι η ποικιλία γλυκού Σόργου "Keller" έφτασε τους 28,0 Mg ha⁻¹ και η ποικιλία του ινώδους Σόργου H-128 τους 26,0 Mg ha⁻¹ σε παραγωγή ξηρής βιομάζας.

Δεν παρατηρήθηκαν επίσης σημαντικές διαφορές σε παραγωγή ξηρής βιομάζας σε πείραμα που διεξήχθη στην Ιταλία (Venturi, 1999), εφαρμόζοντας τρία διαφορετικά προγράμματα λίπανσης (0, 100, 200 kg N ha⁻¹), οι μέγιστες αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα κυμάνθηκαν στα επίπεδα των 21,0 με 24,0 Mg ha⁻¹ και μάλιστα στις επαναλήψεις στις οποίες εφαρμόστηκε η μέγιστη δόση αζωτούχας λίπανσης.

Βάση πειραματικών αποτελεσμάτων (Νικολάου και συνεργάτες, 2000) προέκυψε ότι η πλέον παραγωγική ποικιλία για τα Ελληνικά δεδομένα σακχαρούχου Σόργου είναι η Keller (38,0 Mg ha⁻¹ ξηρής βιομάζας) και ακολουθούν, η Tracy και το υβρίδιο H132 (37,0 Mg ha⁻¹ ξηρής βιομάζας).

Βέβαια σημαντικό ρόλο στην παραγωγικότητα του φυτού παίζουν, πέραν των κλιματολογικών δεδομένων, η γονιμότητα του εδάφους και η καλλιεργητική τεχνική που εφαρμόζεται. Αντίθετα σε κλιματολογικές ζώνες όπου η έλλειψη νερού είναι σημαντική, ο κυριότερος παράγοντας μεγιστοποίησης της παραγωγής είναι το διαθέσιμο νερό άρδευσης. Στην περίπτωση που η καλλιέργεια αρδεύεται είναι πολλά υποσχόμενη, έτσι ώστε με μέτρια ποσά άρδευσης της τάξης των 250-300 mm year⁻¹ έχουν σημειωθεί παραγωγικότητες που υπερβαίνουν τους 35,0 Mg ha⁻¹ σε ξηρή ουσία ή τους 1,4 τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (Dercas et al., 1995).

Με βάση τα στοιχεία που αναφέρονται σε πειράματα των Maxey et al. (1989) και των Worley και Cundiff (1991), το υπολογιζόμενο κόστος για την παραγωγή του γλυκού Σόργου, έως και την συγκομιδή, ανέρχεται στα \$ 365 ha⁻¹. Εάν μάλιστα οργανωθεί καλύτερα μία αλυσίδα βιομηχανικής παραγωγής αιθανόλης, από τη ξηρή βιομάζα του γλυκού Σόργου, η επιστροφή την οποία μπορούν να επιτύχουν οι αγρότες ανέρχεται σε \$ 125 ha⁻¹.

Σε πείραμα (Rajvashi and Nimbkar, 1995) που πραγματοποιήθηκε στην Ινδία σε τοπική οινοπνευματοποιία με τη χρήση Ηλιακής Ενέργειας σε ποσοστό 70% για την απόσταξη αιθανόλης 95% (v/v), υπολογίστηκε το κόστος παραγωγής της αιθανόλης σε \$ 0,4 L⁻¹ από την ξηρή βιομάζα του γλυκού Σόργου. Επομένως για παραγωγές της τάξης των 4 Mg ha⁻¹ το συνολικό κόστος παραγωγής ανέρχεται σε \$ 12,25 Mg⁻¹, ή αλλιώς το συνολικό κόστος παραγωγής λίγο πριν την διάθεση του στο Εμπόριο τιμάται στα \$ 0,600 L⁻¹ αιθανόλης, όταν η τιμή διάθεσης του προϊόντος στην αγορά δεν ξεπερνά τα \$ 0,360 L⁻¹ αιθανόλης.

Δηλαδή για να μπορέσει το προϊόν να τύχει ικανοποιητικότερων τιμών διάθεσης πρέπει αφ' ενός να βελτιωθεί η αλυσίδα παραγωγής (μειώνοντας το κόστος παραγωγής, συγκομιδής, αποθήκευσης, μεταφοράς και επεξεργασίας) και αφετέρου να αυξηθεί η συνολικά παραγόμενη ποσότητα (ενημέρωση των αγροτών, θέσπιση

φοροαπαλλαγών για τους αγρότες που απασχολούνται αποκλειστικά και μόνο με την παραγωγή Ενεργειακών φυτών, επιχορηγήσεις, διευκολύνσεις για την αγορά λιπασμάτων – υλικών άρδευσης).

Στην Ελλάδα έχουν εξεταστεί την τελευταία δεκαετία αρκετές ποικιλίες (Keller, Wray, Mn1500, κ.ά.). Οι αποδόσεις τους ποικίλουν, ανάλογα με την περιοχή, τις κλιματικές συνθήκες, τη γονιμότητα του εδάφους και τις καλλιεργητικές τεχνικές, που εφαρμόζονται. Η απόδοση σε χλωρή βιομάζα κυμάνθηκε από 50,0 έως 80,0 Mg ha⁻¹ ενώ σε μεμονωμένες περιπτώσεις παρατηρήθηκαν αποδόσεις που έφτασαν τους 141,0 Mg ha⁻¹.

Από τους παράγοντες που εξετάστηκαν, η άρδευση αποτελεί καθοριστικό στοιχείο για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων, ενώ η αζωτούχος λίπανση δεν έδειξε να επηρεάζει καθοριστικά τις αποδόσεις. Η αναλογία σε σάκχαρα, ποικίλει από 9 - 13,2 % επί του χλωρού βάρους των στελεχών. Πρέπει να σημειωθεί ότι η προαναφερθείσα ποσότητα σακχάρων επιτυγχάνεται στις αρχές Σεπτεμβρίου για τις πρώιμες ποικιλίες, και περίπου ένα μήνα αργότερα για τις όψιμες. Σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα, που βασίζονται στο χλωρό βάρος των στελεχών και στην περιεκτικότητά τους σε σάκχαρα, μπορεί να εξασφαλιστεί, θεωρητικά, μέση παραγωγή αιθανόλης από 6.750 έως 10.000 L ha⁻¹.

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται στοιχεία του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας της Ελλάδας (Κ.Α.Π.Ε.) σχετικά με την παραγωγικότητα των ενεργειακών καλλιεργειών στην Ελλάδα:

Πίνακας 3.1: Παραγωγικότητα ενεργειακών φυτών	
Φυτικά είδη	Αποδόσεις ξηρής βιομάζας (Mg ha ⁻¹ έτος ⁻¹)
Καλάμι	20 – 30
Αγριαγκινάρα	10 – 20
Μίσχανθος	10 – 30
Switchgrass	14 – 25
Ευκάλυπτος	< 35
Ψευδακακία	6 – 17
Γλυκό – Ινώδες Σόργο	10 – 40
Κενάφ	15
Ελαιοκράμβη	3 – 8

Ανακεφαλαιώνοντας, η αξιοποίηση της βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας συμβάλλει:

- Στην εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος.
- Στη μείωση της εξάρτησης της χώρας από ξένες ενεργειακές πηγές.
- Στην εξασφάλιση εργασίας και τη συγκράτηση των πληθυσμών στην περιφέρεια.
- Στην προστασία και βελτίωση του περιβάλλοντος, καθώς η βιομάζα ως καύσιμο πλεονεκτεί και από περιβαλλοντικής απόψεως έναντι των συμβατικών καυσίμων.

Η ανάπτυξη και εξάπλωση της χρήσης της βιομάζας χρειάζεται τη συμβολή όλων. Τα οφέλη που μπορούν να αποκομισθούν είναι σημαντικά, τόσο από ενεργειακής – οικονομικής πλευράς όσο και από την πλευρά της προστασίας του περιβάλλοντος, αρκεί να καταβληθεί η προσπάθεια που απαιτείται ώστε να γίνει συστηματική εκμετάλλευση και στη χώρα μας του πλούσιου δυναμικού που αυτή διαθέτει.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

4 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

4.1 Γενικά

Βιοκαύσιμο: είναι το υγρό ή αέριο καύσιμο το οποίο προορίζεται για μετακίνηση και το οποίο παράγεται από βιομάζα. Οι κυριότερες μορφές βιοκαυσίμων σήμερα είναι παρακάτω:

- Βιοαιθανόλη
- Βιοντίζελ
- Βιοαέριο
- Βιομεθανόλη
- Βιομεθυλαιθέρας
- Βιο-ETBE
- Βιο-MTBE
- Συνθετικά βιοκαύσιμα
- Καθαρά φυτικά έλαια

4.1.1 Βιοαιθανόλη

Πρόκειται για αλκοόλη που παράγεται από τη ζύμωση σακχαρούχων, αμυλούχων ή κυτταρινούχων πρώτων υλών. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο αντί της βενζίνης, σαν προσθετικό καυσίμου ή ακόμη ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ETBE (αιθυλο-τριπταγής βουτυλ-αιθέρας), το οποίο αποτελεί βελτιωτικό της βενζίνης για την αύξηση του αριθμού των οκτανίων και παράγεται με την αντίδραση της βιοαιθανόλης με το ισοβουτυλένιο σε ένα διυλιστήριο (Λεκάτος Σ., 2006). Ο ETBE χρησιμοποιείται ως μίγμα 15% κ.ο. στην βενζίνη (45% βιοαιθανόλη – 55% ισοβουτυλένιο). Στην Ελλάδα η βιοαιθανόλη μπορεί να παραχθεί από σιτηρά, αραβόσιτο, ζαχαρότευτλα και γλυκό σόργο, σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.).

Η ιστορία της βιοαιθανόλης, άλλωστε, ως καυσίμου κίνησης ξεκινά από το 1908 όταν ο Henry Ford κατασκεύασε το πρώτο αυτοκίνητο, το αλκοολοκίνητο μοντέλο Ford T, δηλώνοντας ότι τα καύσιμα του μέλλοντος θα προέρχονται από μήλα, ζιζάνια ή ροκανίδια.

Σήμερα, όλα τα αυτοκίνητα μπορούν να χρησιμοποιήσουν E5 ή E10, δηλαδή μείγμα βενζίνης με 5 ή 10% αιθανόλη, χωρίς καμία μετατροπή. Η βιοαιθανόλη διαθέτει από 113 έως 137 οκτάνια (ανάλογα και με το ειδικό της βάρος) και χρησιμοποιείται για την αύξηση του αριθμού οκτανίων της βενζίνης και για τη βελτίωση της ποιότητάς της δηλαδή ως βελτιωτικό καυσίμου (πχ ETBE, METBE). Συνήθως πωλείται στα πρατήρια ως μείγμα E10 (10% αιθανόλη + 90% βενζίνης). Η αυτοκινητοβιομηχανία πλέον διαθέτει στο εμπόριο μοντέλα (FFV, Flexible Fuel Vehicle) που χρησιμοποιούν

μείγμα E85 (85% αιθανόλη + 15% βενζίνης) ή οποιοδήποτε άλλο μείγμα αιθανόλης – βενζίνης (πχ Ford Focus ή Saab BioPower). Το μίγμα E85 έχει αριθμό οκτανίου περίπου 105. Είναι άλλωστε γνωστό ότι ακόμα και η πιο καθαρή βενζίνη δεν διαθέτει περισσότερα από 93 οκτάνια. Δυστυχώς στην Ε.Ε. όπως και στην Ελλάδα δεν υπάρχει ακόμα Πρότυπο βιοαιθανόλης και απλώς ορισμένες χώρες εκδίδουν εθνικά πρότυπα (Λεκάτος Σ., 2006). Οι κυριότεροι λόγοι είναι οι παρακάτω:

1. δεν υπάρχει πρόβλημα από την χρήση του βιο-ETBE,
2. η βιοαιθανόλη παρουσιάζει υψηλές τάσεις ατμών με αυξημένες εκλύσεις VOC'S που έρχονται σε αντίθεση με την πολιτική στρατηγική για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας της Ε.Ε.,
3. η Ε.Ε. είναι ελλειμματική σε αποθέματα ντίζελ και πλεονασματική σε αποθέματα βενζίνης (εξαγωγή βενζίνης στις Η.Π.Α.),
4. τα ¾ της παραγωγής της βιοαιθανόλης διακινούνται στην Ε.Ε. ως ETBE,
5. η χρήση της βιοαιθανόλης είναι δυνατή εάν αντικατασταθούν από την βενζίνη ορισμένα πτητικά συστατικά όπως π.χ. το βουτάνιο,
6. η αιθανόλη είναι διαλυτή στο νερό (προβλήματα διακίνησης).

Από το 2000, η παγκόσμια παραγωγή βιοαιθανόλης έχει διπλασιαστεί, ενώ η παραγωγή βιοντίζελ έχει πενταπλασιαστεί. Ειδικά στις Η.Π.Α., η παραγωγή βιοαιθανόλης από καλαμπόκι που καλλιεργείται στις αχανείς εκτάσεις των μεσοδυτικών πολιτειών βρίσκεται σήμερα σε μεγάλη ανάπτυξη. Το μεγαλύτερο εργοστάσιο παράγει 416.000.000 λίτρα βιοαιθανόλης το χρόνο.

Οι χώρες Παγκοσμίως με την μεγαλύτερη παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων είναι:

- 1) Βραζιλία: με πρώτη ύλη το ζαχαροκάλαμο παράγει 15.110 εκατομμύρια λίτρα βιοαιθανόλης καλύπτοντας το 37% της παγκόσμιας παραγωγής. Το 74% των αυτοκινήτων που πουλήθηκαν το 2007 στην χώρα ήταν τύπου «Flexible Fuel» τα οποία μπορούν να κινηθούν με βιοαιθανόλη.
- 2) Η.Π.Α.: με πρώτη ύλη το καλαμπόκι παράγει 13.390 εκατομμύρια λίτρα βιοαιθανόλης και 95 εκατομμύρια λίτρα βιοντίζελ, καλύπτοντας το 33% και το 4% της παγκόσμιας παραγωγής, αντίστοιχα.
- 3) Κίνα: με πρώτη ύλη τη κασάβα παράγει 3.650 εκατομμύρια λίτρα βιοαιθανόλης καλύπτοντας το 9% της παγκόσμιας παραγωγής. Το πλάνο της χώρας είναι έως το 2020 το 15% της ενέργειας που χρησιμοποιείται στις μεταφορές και στην παραγωγή ηλεκτρισμού να καλύπτεται από τη βιοαιθανόλη.
- 4) Ινδία: με πρώτη ύλη το ζαχαροκάλαμο παράγει 1.750 εκατομμύρια λίτρα βιοαιθανόλης καλύπτοντας το 4% της παγκόσμιας παραγωγής.
- 5) Γαλλία: με πρώτη ύλη το ζαχαροκάλαμο παράγει 830 εκατομμύρια λίτρα βιοαιθανόλης και 440 εκατομμύρια λίτρα βιοντίζελ, καλύπτοντας το 2% και το 17% της παγκόσμιας παραγωγής, αντίστοιχα. Η κυβέρνηση της Γαλλίας στηρίζει την παραγωγή και χρήση βιοκαυσίμων ήδη από το 1993 με

αποτέλεσμα σήμερα αυτά να καλύπτουν το 5% των ενεργειακών αναγκών της χώρας.

- 6) Γερμανία: με πρώτες ύλες την ελαιοκράμβη και τον ηλιάνθο παράγει 1.310 εκατομμύρια λίτρα βιοντίζελ καλύπτοντας το 50% της παγκόσμιας παραγωγής.
- 7) Ιταλία: με πρώτη ύλη την ελαιοκράμβη παράγει 440 εκατομμύρια λίτρα βιοντίζελ καλύπτοντας το 15% της παγκόσμιας παραγωγής. Το 95% της παραγωγής βιοντίζελ χρησιμοποιείται στην χώρα για θέρμανση.
- 8) Δανία: με πρώτη ύλη την ελαιοκράμβη παράγει 88 εκατομμύρια λίτρα βιοντίζελ καλύπτοντας το 3% της παγκόσμιας παραγωγής.

(Περιοδικό Science Illustrated – τεύχος Φεβρουαρίου 2007).

4.1.2 Φυτά για τη παραγωγή βιοκαυσίμων

Οι ενδεικτικές καλλιέργειες, που υπάγονται στο καθεστώς ενίσχυσης των ενεργειακών καλλιεργειών σύμφωνα και με την 36781/23-3-2007 ΚΥΑ είναι:

- Καλάμι, *Arundo donax* L.
- Μίσχανθος, *Penisetum purpureum*
- Αγριαγκινάρα, *Cynara cardunculus* L.
- Κεχρί, *Panicum vigratum* L.
- Κενάφ, *Hibiscus cannabinus* L.
- Γλυκό σόργο, *Sorghum bicolor* L. Moench
- Σόργο κυτταρινούχο, *Sorghum bicolor* L. Moench
- Ελαιοκράμβη, *Brassica* spp.
- Σιτάρι μαλακό, *Triticum aestivum* L.
- Σιτάρι σκληρό, *Triticum durum* Desf.
- Κριθάρι, *Hordeum vulgare* L.
- Βρώμη, *Avena sativa* L.
- Σίκαλη, *Secale cereale* L.
- Τριτικάλε, *Triticosecale*
- Αραβόσιτος, *Zea mays* L.
- Ρύζι, *Oryza sativa* L.
- Ηλιάνθος, *Helianthus annus* L.
- Σόγια, *Glycine max* L. Merrill
- Ευκάλυπτος, *Eucalyptus camaldulensis* – *Eucalyptus globulus* Labill.
- Ψευδακακία, *Robinia pseudoacacia*
- Πικρό λούπινο, *Lupinus angustifolius*
- Πατάτα, *Solanum tuberosum*
- Αμπέλι, *Vitis vinifera*
- Ζαχαρότευτλα, *Beta vulgaris*

Σύμφωνα με τα συμπεράσματα μελέτης για την εφαρμογή της Νέας Κοινής Αγροτικής Πολιτικής (Κ.Α.Π) (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων – Γραφείο Γ.Γ.) σχετικά με την προώθηση των ενεργειακών καλλιεργειών στην Περιφέρεια και την διατήρηση του γεωργικού εισοδήματος και συνέχιση των γεωργικών δραστηριοτήτων σε γόνιμες περιοχές για την παραγωγή βιοντίζελ, οι προτεινόμενες καλλιέργειες είναι η ελαιοκράμβη, ο ηλίανθος και το βαμβάκι (Βαμβακόσπορος) και για την παραγωγή βιοαιθανόλης, οι αντίστοιχες καλλιέργειες είναι το γλυκό σόργο, το σιτάρι, το κριθάρι, τα ζαχαρότευτλα και ο αραβόσιτος.

Από τις νέες καλλιέργειες, ενδιαφέρον για την παραγωγή βιοαιθανόλης παρουσιάζει το γλυκό σόργο που, με βάση ικανό αριθμό πειραματικών δεδομένων, μπορεί να αποδώσει περί τα 600 με 900 λίτρα στρ⁻¹ (βλ. πίνακα 4.1).

Βιοκαύσιμο	Πρώτη Ύλη	Απόδοση (κιλά στρ ⁻¹ .)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (κιλά στρ ⁻¹ .)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (λίτρα στρ ⁻¹ .)
Βιοντίζελ	Ηλίανθος	120 – 210	40 – 70	43 – 75
	Ελαιοκράμβη	120 – 250	40 – 83	43 – 90
	Βαμβάκι	120 – 160	17 – 23	18 – 25
	Σόγια	160 - 240	27 - 41	29 - 44
Βιοαιθανόλη	Σιτάρι	150 – 800	36 – 190	45 – 240
	Αραβόσιτος	900	213	270
	Τεύτλα	6.000	475	600
	Σόργο	7.000 – 10.000	553 - 790	675 – 900

Πίνακας 4.1: Παραγωγή βιοκαυσίμων από τις ενεργειακές καλλιέργειες – Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.)

Το γλυκό σόργο μπορεί να καλλιεργηθεί από τις βορειότερες ως τις νοτιότερες περιοχές της Ελλάδας, σε εύφορα αλλά και υποβαθμισμένα εδάφη. Από τους παράγοντες που εξετάστηκαν, η άρδευση αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων, ενώ η αζωτούχος λίπανση δεν έδειξε να επηρεάζει καθοριστικά τις αποδόσεις.

Η αναλογία σε σάκχαρα, ποικίλει από 9-13,2 % επί του χλωρού βάρους των στελεχών, οι δε αποδόσεις με βάση την παραγωγή σε χλωρή βιομάζα φτάνουν τους 12 με 14 Mg στρ⁻¹ (Sakellariou – Makrantonaki M., et al., 2007). Πρέπει να σημειωθεί ότι η προαναφερθείσα ποσότητα σακχάρων επιτυγχάνεται στις αρχές του Σεπτεμβρίου για τις πρώιμες ποικιλίες, και περίπου δεκαπέντε μέρες αργότερα για τις όψιμες. Σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα, που βασίζονται στο χλωρό βάρος των στελεχών και στην περιεκτικότητα τους σε σάκχαρα, μπορεί να εξασφαλιστεί, θεωρητικά, μέση παραγωγή 675 λίτρων αιθανόλης στρ⁻¹ (Κ.Α.Π.Ε., 2005).

Σύμφωνα με τη μελέτη (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων – Γραφείο Γ.Γ.), προκρίνονται ως περισσότερο συμφέρουσες καλλιέργειες (τόσο για τους παραγωγούς όσο και για τη βιομηχανία επεξεργασίας) ο ηλίανθος για την παραγωγή βιοντίζελ, το γλυκό σόργο για την παραγωγή βιοαιθανόλης, το κυτταρινούχο σόργο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και στερεών καυσίμων.

Το κυτταρινούχο σόργο είναι ετήσιο φυτό με υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα. Αντίθετα με το γλυκό, το κυτταρινούχο σόργο έχει σχετικά χαμηλή περιεκτικότητα σε διαλυτά σάκχαρα και το ενεργειακό δυναμικό του βασίζεται κυρίως στην υψηλή περιεκτικότητά του σε λιγνοκυτταρινούχα συστατικά.

Στην Ιταλία αναφέρεται ότι η περιεκτικότητά σε σάκχαρα του γλυκού σόργου (Wray) ήταν 41% του ξηρού βάρους των στελεχών (0,9 Mg στρ⁻¹ ζυμώσιμα σάκχαρα), ενώ στα υβρίδια κυτταρινούχου σόργου ποικίλει από 9-12% επί του ξηρού βάρους (0,2 Mg στρ⁻¹ ζυμώσιμα σάκχαρα) και το μεγαλύτερο μέρος των στελεχών αποτελείται από λιγνοκυτταρινούχες ουσίες (2 Mg στρ⁻¹). Στην Ελλάδα, οι αποδόσεις σε ξηρό βάρος φτάνουν τους 2,8 Mg στρ⁻¹.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι το κυτταρινούχο σόργο παρουσιάζει μεγάλη αντοχή στο πλάγιασμα, το οποίο αποτελεί φαινόμενο που επιφέρει σημαντικά προβλήματα στην καλλιέργεια του γλυκού σόργου, ειδικότερα σε περιπτώσεις που η άρδευση δεν είναι σύμφωνη με τις πραγματικές απαιτήσεις του φυτού.

Με βάση τις υποχρεώσεις μας που απορρέουν από τις κοινοτικές οδηγίες πρέπει έως το 2010 τουλάχιστον το 5,75% των καυσίμων που χρησιμοποιούνται για τις μεταφορές να είναι από βιοκαύσιμα και το 1,2% της ηλεκτροπαραγωγής στη χώρα μας να προέρχεται από ενέργεια που παράγεται από βιομάζα. Το ποσοστό 5,75% αφορά σε όλα τα είδη βιοκαυσίμων και το κράτος – μέλος μπορεί να επιλέξει προς τα πού θα στρέψει τις επενδύσεις του, για παράδειγμα, στην παραγωγή βιοντίζελ ή βιοαιθανόλης.

Για να εξασφαλιστούν οι αναγκαίες ποσότητες βιομάζας από εγχώρια πρώτη ύλη υπολογίζεται ότι χρειάζεται να καλλιεργηθούν με ενεργειακά φυτά περίπου 3,7 εκατομμύρια στρέμματα. Συγκεκριμένα, προκρίνεται να καλλιεργηθούν περίπου 2 εκατομμύρια στρέμματα με ηλίανθο και ελαιοκράμβη για την παραγωγή βιοντίζελ, 1,1 εκατομμύρια στρέμματα με γλυκό σόργο, τεύτλα, σιτάρι, καλαμπόκι για την παραγωγή βιοαιθανόλης και 0,5 εκατομμύρια στρέμματα με κυτταρινούχο σόργο για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

Πίνακας 4.2: Εκτίμηση ποσοτήτων βιοκαυσίμων σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία.

Έτος	Εκτίμηση χρήσης υγρών καυσίμων (χιλ. Mg)	Ποσοστό βιοκαυσίμων (%)	Ανάγκες σε βιοκαύσιμα (Mg)
2005	5.791	2,00%	167.418
2006	5.925	3,00%	226.180
2007	6.059	4,00%	287.373
2008	6.192	4,50%	370.869
2009	6.326	5,00%	457.896
2010	6.459	5,75%	537.831

4.1.3 Οικονομία παρασκευής βιοκαυσίμων

Όπως είναι ήδη γνωστό, ένας σημαντικός παράγοντας για την οικονομία της παραγωγής υγρών βιοκαυσίμων, αποτελεί η εξασφάλιση της πρώτης ύλης καθώς και το κόστος απόκτησης της. Η πρώτη ύλη αγροτικής προέλευσης που μας ενδιαφέρει είναι οι ελαιούχοι σπόροι για την παραγωγή βιοντίζελ και τα αμυλούχα και σακχαρούχα αγροτικά προϊόντα για την παραγωγή βιοαιθανόλης.

Ο νόμος 3423/05 (ΦΕΚ 304/Α/13.12.2005) που αφορά την εισαγωγή των βιοκαυσίμων στην ελληνική αγορά, δίνει σαφή προτεραιότητα στην παραγωγή βιοκαυσίμων από εγχώριες ενεργειακές καλλιέργειες. Επίσης, η νέα Κοινή Αγροτική Πολιτική (Καν. ΕΕ 1782/2003) η οποία ισχύει για την Ελλάδα από το 2006, αποδεσμεύει την επιδότηση των καλλιεργειών από την παραγωγή, ενώ ταυτόχρονα ορίζει επιπλέον επιδότηση ενεργειακών καλλιεργειών της τάξης των 4,5 €/στρέμμα.

Η αποδέσμευση της επιδότησης η οποία ισχύει για τη χώρα μας σε ποσοστό 100% για όλες τις επιλέξιμες καλλιέργειες, με εξαίρεση το βαμβάκι όπου το ποσοστό αποδέσμευσης ανέρχεται στο 65%, αφορά κάθε εκμετάλλευση ανεξάρτητα και βασίζεται στις καλλιέργειες κατά την τριετία 2000-2002. Η συγκεκριμένη ΚΑΠ δίνει τη δυνατότητα στον παραγωγό, κάτω από συγκεκριμένες προϋποθέσεις, να επιλέξει το προϊόν που θα παράγει, χωρίς να χάνει το δικαίωμα της ενίσχυσης. Η παρούσα κατάσταση δημιουργεί ένα σημαντικό πλεονέκτημα για τις ενεργειακές καλλιέργειες, οι οποίες φυσικά θεωρούνται επιλέξιμες και εξασφαλίζουν στον παραγωγό το δικαίωμα της αποδεσμευμένης ενίσχυσης.

4.1.3.1 Κόστος παραγωγής βιοαιθανόλης και αποδόσεις καλλιεργειών

Για την παραγωγή της βιοαιθανόλης χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη το ζαχαροκάλαμο στη Βραζιλία, ο αραβόσιτος στις ΗΠΑ, τα δημητριακά (σιτάρι, κριθάρι κ.α.) και τα ζαχαρότευτλα στην ΕΕ. Επίσης το γλυκό σόργο είναι μια νέα και πολλά υποσχόμενη καλλιέργεια για παραγωγή βιοαιθανόλης και παραγώγων της μέσω της ζύμωσης των σακχάρων που περιέχονται στο φυτικό χυμό του. Αποκτά βέβαια ιδιαίτερη αξία για περιοχές μη τροπικές όπου το ζαχαροκάλαμο δεν ευδοκμεί, όπως είναι η Ευρώπη. Στον πίνακα 4.3 αναφέρεται το κόστος παραγωγής της βιοαιθανόλης από διάφορες πρώτες ύλες όπως δημοσιεύθηκε στο Έθνος της Κυριακής για το 2007 μετά από σχετική έρευνα Ευρωπαίων επιστημόνων για λογαριασμό της Κομισιόν.

ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ	ΚΟΣΤΟΣ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ (€/m ³)
Ζαχαρότευτλα	230 - 530
Ζαχαροκάλαμο	170 - 200
Γλυκό Σόργο	155 - 230
Καλαμπόκι	210 - 320
Σιτάρι	600
Λιγνοκυτταρινούχες	140 - 350
Πατάτα	760

Πίνακας 4.3: Εκτιμώμενο κόστος παραγωγής βιοαιθανόλης από διάφορες πρώτες ύλες.

Το κόστος παραγωγής αιθανόλης από καλαμπόκι στις ΗΠΑ ήταν 0,21 € L⁻¹ και στα πρατήρια καυσίμων, η τιμή πώλησης του καυσίμου E85 (85% αιθανόλη + 15% βενζίνη) ήταν 0,50 € L⁻¹ όταν η αντίστοιχη τιμή της βενζίνης ήταν 0,58 € L⁻¹ (Ιούλιος 2007). Επειδή όμως η αιθανόλη διαθέτει το 67% του ενεργειακού περιεχομένου (θερμογόνου δύναμης, κατ' όγκο) της βενζίνης, το κόστος της αιθανόλης που ισοδυναμεί με ένα λίτρο βενζίνης ήταν κατ' αναλογία για το 2007 0,71 € L⁻¹.

Η Βραζιλία παράγει ακόμη φθηνότερη βιοαιθανόλη, με κόστος παραγωγής 0,17 € L⁻¹. Η λιανική τιμή πώλησης της αιθανόλης ήταν 0,55 € L⁻¹ όταν η αντίστοιχη τιμή της βενζίνης είναι 0,94 € L⁻¹ (Ιούλιος 2007). Το κόστος της αιθανόλης που ισοδυναμεί με ένα λίτρο βενζίνης επομένως ήταν 0,74 € L⁻¹. Η Βραζιλία είναι η μοναδική χώρα παγκοσμίως όπου πλέον η βιοαιθανόλη που παράγεται από ζαχαροκάλαμο είναι ήδη μέχρι και σήμερα ανταγωνιστική έναντι των ορυκτών υγρών καυσίμων.

4.1.3.2 Οικονομική αποτίμηση

Στη βάση μίας εμπειριστατωμένης και αναλυτικής μεθοδολογίας, που πραγματοποιήθηκε από το ΙΝΑΣΟ, εξετάζοντας διεξοδικά τόσο το κόστος παραγωγής πρώτων υλών (ενεργειακών καλλιεργειών), όσο και το κεφαλαιουχικό και λειτουργικό κόστος των αντίστοιχων μονάδων βιομετατροπής, για κάθε ένα από τους τέσσερις βασικούς συνδυασμούς δηλαδή:

- i) ηλίανθος (ελαιοκράμβη) → βιοντίζελ
- ii) γλυκό σόργο (τεύτλα, σιτάρι, καλαμπόκι) → βιοαιθανόλη
- iii) κυτταρινούχο σόργο (καλάμι, αγροτικά υπολείμματα) → ηλεκτροπαραγωγή
- iv) κυτταρινούχο σόργο (αγροτικά υπολείμματα) → στερεά μορφοποιημένα καύσιμα (πελέττες).

παρήχθησαν τα παρακάτω συμπεράσματα με τη σύζευξη βέβαια των τεχνικοοικονομικών δεδομένων και των παραμέτρων βιωσιμότητας των δύο βασικών πόλων της βιοενέργειας, δηλαδή αφ' ενός της ενεργειακής καλλιέργειας (αγρότες), αφ' ετέρου της μονάδας βιομετατροπής (επενδυτές).

Είναι δυνατή τη δημιουργία μίας αποδοτικής εφοδιαστικής/τεχνολογικής «αλυσίδας» και μίας βιώσιμης ενεργειακής αγοράς. Εξετάστηκε επίσης, για όλα τα συμβαλλόμενα μέρη της αλυσίδας αυτής (γεωργούς-προμηθευτές-επενδυτές), η τιμή πώλησης της παραγόμενης ενεργειακής πρώτης ύλης, τόσο στον αγρό, όσο και στην πόρτα της μονάδας μετατροπής της σε τελικά ενεργειακά προϊόντα.

Η μελέτη προσδιόρισε την αναγκαία επιδότηση στους αγρότες/παραγωγούς, για την υλοποίηση βιώσιμων επιχειρηματικών σχεδίων, με εύλογο ύψος εισοδήματος τόσο για τους ίδιους, όσο και για τους επενδυτές/ιδιοκτήτες των μονάδων βιομετατροπής. Ειδικότερα για τους αγρότες/παραγωγούς, τέθηκε ως απαίτηση να διατηρήσουν τουλάχιστον το ίδιο καθαρό εισόδημα (αναγόμενο σε € στρέμμα⁻¹) που έχουν σήμερα με την - υπό αναδιάρθρωση - συμβατική καλλιέργεια που καλλιεργούν (π.χ. βαμβάκι, καλαμπόκι, σιτηρά, καπνά ή τεύτλα), όταν θα την αντικαταστήσουν με την ενεργειακή καλλιέργεια που θα τροφοδοτεί τη δεδομένη μονάδα βιομετατροπής (π.χ. γλυκό σόργο, ηλίανθο, κυτταρινούχο σόργο, κλπ.).

Για τους επενδυτές/ιδιοκτήτες, ο Βαθμός Εσωτερικής Απόδοσης - IRR των επενδύσεών τους (υλοποίηση και λειτουργία των μονάδων βιομετατροπής) τέθηκε ίσος με $\approx 15\%$.

Στην περίπτωση των βιώσιμων επιχειρηματικών σχεδίων προσδιορίστηκε, ανά περίπτωση, η καθαρή, εν δυνάμει πρόσοδος για τους αγρότες και εκτιμήθηκαν, κατά περίπτωση:

- ✓ το ύψος της απαιτούμενης στρεμματικής επιδότησης (Εεν) που αναφέρεται στην ενίσχυση προς τους παραγωγούς για την υποκατάσταση της εκάστοτε αντικαθιστάμενης συμβατικής καλλιέργειας, με την αντίστοιχη ενεργειακή και

✓ η διαφορική επιδότηση ανά στρέμμα (ΔΕ) για το σύνολο των εκτάσεων συμβατικών καλλιεργειών που αντικαθίστανται από ενεργειακές καλλιέργειες, για την πλήρη τροφοδοσία με πρώτη ύλη μίας «τυπικής» μονάδας βιομετατροπής.

Παρακάτω παρατίθενται οι υπολογισθείσες στρεμματικές επιδοτήσεις (Εεν) που απαιτούνται για τις εξεταζόμενες ενεργειακές καλλιέργειες για κάθε περίπτωση υποκατάστασης των προς αναδιάρθρωση έξι (6) συμβατικών καλλιεργειών. Τονίζεται ότι οι επιδοτήσεις αυτές καθιστούν τα επιχειρηματικά σχέδια που εξετάστηκαν βιώσιμα (IRR=15%) και διατηρούν χωρίς απώλειες το σημερινό εισόδημα του παραγωγού.

Αναλυτικότερα, για την υποκατάσταση του μαλακού σιταριού, σκληρού σιταριού, καπνού, βαμβακιού, καλαμποκιού και τεύτλων, καταρχήν, με κυτταρινούχο σόργο για ηλεκτροπαραγωγή απαιτείται χορήγηση επιδότησης από 51 έως 80,15 € στρέμμα⁻¹ κατά περίπτωση. Επίσης, για την υποκατάσταση με γλυκό σόργο απαιτείται επιδότηση από 20,47 έως 49,62 € στρέμμα⁻¹ αντίστοιχα και κατά περίπτωση.

Ομοίως, για την αντικατάσταση με ηλίανθο, απαιτείται επιδότηση από 5,82 έως 34,87 € στρέμμα⁻¹, ενώ για το κυτταρινούχο σόργο για παραγωγή μορφοποιημένων καυσίμων, απαιτείται επιδότηση από 29,54 έως 26,63 € στρέμμα⁻¹ και κατά περίπτωση πάντα.

Από τα στοιχεία αυτά προκύπτει ότι σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις (πλην της περίπτωσης υποκατάστασης του μαλακού σιταριού με κυτταρινούχο σόργο για παραγωγή πελεττών) υποκατάστασης συμβατικών με ενεργειακές καλλιέργειες απαιτείται σημαντική (στρεμματική) επιδότηση των τελευταίων. Η επιδότηση αυτή είναι, στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, πολύ μεγαλύτερη από τη σημερινή επιδότηση των 4,50 € στρέμμα⁻¹ που προβλέπεται για τις ενεργειακές καλλιέργειες, αλλά σημαντικά μικρότερη από την υφιστάμενη επιδότηση (Εσυμ) των συμβατικών καλλιεργειών.

Το κυτταρινούχο σόργο για ηλεκτροπαραγωγή είναι η πλέον ασύμφορος (από πλευράς απαιτούμενης επιδότησης) από τις τέσσερις ενεργειακές καλλιέργειες που εξετάστηκαν αναλυτικά, γεγονός που επιτείνει την ανάγκη ενίσχυσης της τιμής πώλησης της παραγόμενης από (αγροτική και δασική) βιομάζα ηλεκτρικής ενέργειας. Αντίθετα, το κυτταρινούχο σόργο για παραγωγή στερεών μορφοποιημένων καυσίμων (πελεττών) είναι η πλέον συμφέρουσα από πλευράς επιδότησης από τις ως άνω τέσσερις ενεργειακές καλλιέργειες. Ο ηλίανθος αποτελεί τη δεύτερη πλέον συμφέρουσα από τις ως άνω καλλιέργειες με συγκρίσιμες του κυτταρινούχου σόργου (για πελέττες) ενεργειακές επιδοτήσεις. Το γλυκό σόργο απαιτεί, στις περιπτώσεις υποκατάστασης καπνού, βαμβακιού και καλαμποκιού, μικρότερη επιδότηση από τις συμβατικές καλλιέργειες χωρίς μείωση του σημερινού εισοδήματος του παραγωγού, στην περίπτωση δε των τεύτλων απαιτείται σχεδόν παρόμοια επιδότηση. Ο ηλίανθος (με αξιοποίησή του σε συζευγμένο σπορευματολογικό με μονάδα παραγωγής βιοντίζελ) απαιτεί σε κάθε περίπτωση μικρότερη επιδότηση από τις συμβατικές καλλιέργειες

χωρίς μείωση του σημερινού εισοδήματος του παραγωγού. Το κυτταρινούχο σόργο για παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων (πελέττες) δεν απαιτεί καθόλου επιδότηση κατά την υποκατάσταση μαλακού σιταριού. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις υποκατάστασης συμβατικών καλλιεργειών με κυτταρινούχο σόργο απαιτείται μικρότερη επιδότηση από τις συμβατικές καλλιέργειες χωρίς μείωση του σημερινού εισοδήματος του παραγωγού.

Η ανάλυση ευαισθησίας για συγκεκριμένες κρίσιμες λειτουργικές παραμέτρους κάθε επιχειρηματικού σχεδίου, κατέδειξε ότι υπάρχουν επιπλέον σημαντικά περιθώρια βελτίωσής τους στο άμεσο μέλλον.

Οι κυριότεροι παράμετροι, στις οποίες πρέπει να αποδοθεί ιδιαίτερο ενδιαφέρον και προσοχή είναι:

- Από την πλευρά των αγροτών/παραγωγών, η απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας (δηλ. της παραγωγής, της διακίνησης/μεταφοράς και της προεπεξεργασίας/θρυμματισμού των πρώτων υλών). Τονίζεται ότι η σημασία της εφοδιαστικής αλυσίδας θα ήταν ακόμη μεγαλύτερη εάν κυριαρχούσαν συνθήκες ελεύθερης αγοράς, όπου η επιδότηση θα δινόταν σε € Mg⁻¹ αντί της σημερινής πρακτικής σε € στρέμμα⁻¹.
- Από την πλευρά των επενδυτών/ιδιοκτητών των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας, η βελτίωση της διεργασίας βιομετατροπής (δηλ. η αύξηση του βαθμού απόδοσης). Η υιοθέτηση αποδοτικότερων τεχνολογιών απαιτεί όμως και βελτίωση της ζήτησης των τελικών ενεργειακών προϊόντων από την πλευρά της Πολιτείας (νομοθετικό πλαίσιο για το πρότυπο της βιοαιθανόλης).
- Από την πλευρά της αγοράς, η βελτίωση των συνθηκών της αγοράς βιοενέργειας (αύξηση της ζήτησης), και άρα της τιμής πώλησης των τελικών ενεργειακών προϊόντων (π.χ. μέσω της σημαντικής αύξησης του ποσοστού αποφορολογούμενων βιοκαυσίμων, της αύξησης της τιμής πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα στο Σύστημα, κ.λπ.).

Η μελέτη του ΙΝΑΣΟ εξέτασε επίσης τα κύρια μέρη του Συμβολαίου Προμήθειας Πρώτων Υλών (ή «Συμβολαίου Καυσίμου»), στη σύνταξη του οποίου πρέπει να δίδεται μεγάλη σπουδαιότητα, καθώς αυτό θα αποτελεί το κύριο δεσμευτικό έγγραφο μεταξύ των εμπλεκόμενων (Πωλητών/Παραγωγών και Αγοραστών/Επενδυτών) σε οποιαδήποτε επενδυτική εφαρμογή ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.

Εκτιμήθηκε, επίσης, ότι η ετήσια ποσότητα εκπομπών CO₂, που θα αποφευχθεί, αφ' ενός από τη χρήση εγχώρια παραγόμενων βιοκαυσίμων στις μεταφορές, αφ' ετέρου εγχώριας βιομάζας στην ηλεκτροπαραγωγή, αντιστοιχεί σε εξοικονόμηση εθνικών πόρων ύψους περίπου 50.000.000 € έτος⁻¹.

Τέλος, η συνολικά απαιτούμενη ετήσια επιδότηση των ενεργειακών καλλιεργειών, για να επιτευχθεί η εύλογη απόδοση των επενδύσεων βιομετατροπής και να διασφαλισθούν τα σημερινά έσοδα των αγροτών, ανέρχεται σε 197.000.000 € έτος⁻¹.

Εάν από το ποσό αυτό αφαιρεθεί:

α) η επιδότηση που ήδη δίνεται για τις ενεργειακές καλλιέργειες, δηλ. τα 4,5 € στρέμμα⁻¹ ή συνολικά 50.000.000 €,

β) η ετήσια εξοικονόμηση πόρων από την αποτροπή εκπομπών CO₂ με τη χρήση εγχώρια παραγόμενων υγρών βιοκαυσίμων στις μεταφορές και βιομάζας στην ηλεκτροπαραγωγή, προκύπτει ότι η πρόσθετη ετήσια επιδότηση που απαιτείται για τη συνολική βιωσιμότητα των ενεργειακών καλλιεργειών στη χώρα μας ανέρχεται σε 130.000.000 € έτος⁻¹ περίπου. Το συνολικό ποσό που πρέπει να διατεθεί στην οκταετία 2007 – 2013 (Δ' ΚΠΣ) ανέρχεται, συνεπώς, σε 960.000.000 € και αντιστοιχεί μόνο στο 14,5% των αναμενόμενων Κοινοτικών επιδοτήσεων και της αντίστοιχης Εθνικής επένδυσης για την ίδια χρονική περίοδο.

Εκτός από το γενικά ευνοϊκό νομοθετικό πλαίσιο παραγωγής και διάθεσης βιοκαυσίμων, ευνοϊκές εμφανίζονται και οι επενδυτικές ευκαιρίες μέσω του νέου Αναπτυξιακού Νόμου (επιχορήγηση έως 55%, ποσοστό ίδιας συμμετοχής 25%, ελάχιστο επενδυτικό σχέδιο 100.000 – 500.000 €) καθώς και με ειδικά προγράμματα του Δ' ΚΠΣ.

Βάσει, λοιπόν, όλων αυτών οι μελετητές του ΙΝΑΣΟ κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι πρέπει, απαραίτητα, να δοθούν επιπλέον κίνητρα στους Έλληνες αγρότες για να καλλιεργήσουν ενεργειακά φυτά, προκειμένου κι ο αγροτικός κόσμος να βρει μια νέα διέξοδο, αλλά και η χώρα μας να οδηγηθεί σε επίτευξη του εθνικού της στόχου για τα βιοκαύσιμα, μέσω της εγχώριας παραγωγής ενεργειακών φυτών. Πόσο, όμως, εύκολο είναι να επιτευχθεί ο στόχος ακόμη και σε ευρωπαϊκό επίπεδο; Και πάλι δύσκολο θα απαντούσε κανείς, καθώς η επίτευξη του ποσοστού 5,75% σε βιοκαύσιμα για το έτος 2010, κρίνεται τουλάχιστον μακρινή.

Τη μεγαλύτερη πρόοδο στον τομέα, στην περιοχή της Ευρωζώνης, έχουν σημειώσει η Γερμανία με το βιοντίζελ και η Σουηδία με τη βιοαιθανόλη. Οι χώρες αυτές άλλωστε έχουν προωθήσει και πλούσια μείγματα βιοκαυσίμων ή αμιγή βιοκαύσιμα θεσπίζοντας σημαντικές φοροαπαλλαγές και πρότυπα βιοκαυσίμων.

4.1.4 Πλεονεκτήματα βιοκαυσίμων – βιοαιθανόλης

Κύρια πλεονεκτήματα της βιοαιθανόλης σε σχέση με τη βενζίνη είναι ότι θεωρητικά είναι CO₂-ουδέτερη, κατά την καύση της εκπέμπονται μικρότερες ποσότητες ρύπων, είναι βίο – αποδομήσιμη και συμβάλλει στην αειφορία, ενώ πρακτικά δεν παράγονται οξείδια του θείου. Επιπρόσθετα, η βιοαιθανόλη δεν περιέχει επικίνδυνους αρωματικούς υδρογονάνθρακες, όπως για παράδειγμα βενζένιο το οποίο είναι καρκινογόνο, ενώ πλεονεκτεί και στις εκπομπές μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα.

Ειδικότερα, η προσθήκη 5% βιοαιθανόλης σε βενζίνη μειώνει κατά 7% τους αρωματικούς υδρογονάνθρακες και κατά 50% τις εκπομπές CO₂. Έρευνες στη Γαλλία δείχνουν ότι μίξη αιθανόλης κατά 5-7% με βενζίνη μειώνει τις εκπομπές CO κατά 15-40% με αντίστοιχες μελέτες στις ΗΠΑ να δείχνουν μείωση κατά 11-30%.

Επίσης η χρήση της βιοαιθανόλης ως καύσιμο οδηγεί σε μείωση της φωτοχημικά σχηματιζόμενης αιθαλομίχλης στην ατμόσφαιρα.

Εκτός από τη μείωση της μη σημειακής ρύπανσης που οφείλεται στις εκπομπές αέριων ρύπων, η βιοαιθανόλη δεν προκαλεί σημαντική σημειακή ρύπανση, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση ατυχημάτων ή διαρροών πετρελαιοειδών, διότι έχει πολύ χαμηλή τοξικότητα σε σχέση με τα πετρελαιοειδή και είναι άμεσα βιο – αποδομήσιμη στο νερό και το έδαφος.

Εστιάζοντας στις καθαρές εκπομπές CO₂ από τη χρήση βιοαιθανόλης ως καύσιμο, δηλαδή λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των εκπομπών κατά την παραγωγή (καλλιέργεια & βιομηχανία) και την καύση, τα αποτελέσματα ποικίλουν ανάλογα με την πρώτη ύλη και τη μέθοδο παραγωγής. Στο μοντέλο των ΗΠΑ, δηλαδή την παραγωγή βιοαιθανόλης από καλαμπόκι, η μείωση CO₂ είναι μόνο 15-25% σε σχέση με τη βενζίνη. Αντιθέτως, η βιοαιθανόλη που παράγεται από ζαχαροκάλαμο με το βραζιλιάνικο μοντέλο, συντελεί σε μείωση μέχρι και 90% των εκπομπών CO₂ σε σχέση με τη βενζίνη. Τέλος η χρήση κυτταρινικής βιοαιθανόλης (βιοκαύσιμα 2^{ης} γενεάς) μειώνει τις εκπομπές CO₂ κατά 70-90%, ενώ στην περίπτωση που κατά την παραγωγική διαδικασία γίνει και συμπαραγωγή θερμότητας – ηλεκτρισμού από τη βιομάζα, τότε οι εκπομπές CO₂ είναι μηδενικές (100% μείωση).

Ένα άλλο σημαντικό θέμα είναι το ενεργειακό ισοζύγιο της αλυσίδας παραγωγής βιοαιθανόλης, δηλαδή την ποσότητα ενέργειας (εισροές) που δαπανάται κατά την παραγωγική διαδικασία και προέρχεται από ορυκτά καύσιμα σε σχέση με την τελική ενέργεια που παρέχει η βιοαιθανόλη (εκροές).

4.1.5 Μειονεκτήματα βιοκαυσίμων

Η απερισκεπτη χρήση των βιοκαυσίμων μπορεί να έχει καταστρεπτικές συνέπειες για το περιβάλλον και την παγκόσμια διατροφική αλυσίδα, προειδοποιούν τα Ηνωμένα Έθνη στη μεγαλύτερη, μέχρι σήμερα, έκθεσή τους για τη βιοενέργεια. Παράλληλα, επισημαίνουν ότι τα βιοκαύσιμα μπορούν να βοηθήσουν στην καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου και να δημιουργήσουν θέσεις εργασίας στον αναπτυσσόμενο κόσμο. Στην έκθεση του «Un - Energy», μιας κοινοπραξίας 20 φορέων των Ηνωμένων Εθνών, υπογραμμίζεται ότι η διεύρυνση της χρήσης των αγροτικών καλλιεργειών για την παραγωγή βιοκαυσίμων και κυρίως της βιοαιθανόλης, θα έχει ανυπολόγιστες συνέπειες στην παγκόσμια διατροφική αλυσίδα, ενδέχεται να επιταχύνει τον ρυθμό με τον οποίο καταστρέφονται τα τροπικά δάση και να εκτινάξει στα ύψη τις τιμές προϊόντων που χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοκαυσίμων.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στις ΗΠΑ οι τιμές καλαμποκιού, που χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοαιθανόλης, αυξήθηκαν κατά 78% μέσα στο 2007, φθάνοντας στο υψηλότερο επίπεδο των τελευταίων δέκα ετών. Η έκθεση του ΟΗΕ προειδοποιεί ακόμα ότι η ταχεία ανάπτυξη παραγωγής βιοκαυσίμων θα αυξήσει

πιθανότατα τις ανάγκες για τρόφιμα και προϊόντα, ειδικότερα στις χώρες του Τρίτου Κόσμου, που διατροφικά στηρίζονται στην βοήθεια του ΟΗΕ.

Περιβαλλοντικές οργανώσεις και υπηρεσίες των Ηνωμένων Εθνών επισημαίνουν ότι η παραγωγή βιοκαυσίμων έχει ως συνέπεια να αυξάνονται οι τιμές των τροφίμων και να ενθαρρύνεται η αποψίλωση δασών. Επίσης, υποστηρίζουν ότι ορισμένα είδη βιοκαυσίμων εκλύουν ίδια ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα με τα συμβατικά καύσιμα. Η μαζική καλλιέργεια καλαμποκιού, ζαχαροκάλαμου, σόγιας, φοινικέλαιου και άλλων καλλιεργειών που ωθούνται προς το παρόν από τη βιομηχανία των βιοκαυσίμων – με την πρόθεση να είναι όλα γενετικά τροποποιημένα – δεν θα μειώσει τις εκπομπές των αέριων του θερμοκηπίου, αλλά θα μετατοπίσει από τις εστίες τους δεκάδες χιλιάδες αγροτών, θα μειώσει την ασφάλεια τροφίμων σε πολλές χώρες, και θα επιταχύνει την αποψίλωση δασών. Ειδικότερα στη Βραζιλία, η καλλιέργεια σόγιας μετατοπίζει ένδεκα αγρό-εργάτες για κάθε νέο εργάτη που απασχολεί.

Η προώθηση του "αγρό-μετώπου" των βιοκαυσίμων είναι μια απόπειρα ενάντια στην αυτάρκεια τροφίμων των αναπτυσσόμενων εθνών δεδομένου ότι τα εδάφη για την παραγωγή τροφίμων θυσιάζονται όλο και περισσότερο για να ταΐσουν τα αυτοκίνητα των ανθρώπων του παγκόσμιου Βορρά. Η παραγωγή βιοκαυσίμων έχει επίσης άμεσες επιπτώσεις στους καταναλωτές με την αύξηση του κόστους διατροφής. Εξαιτίας του γεγονότος ότι περισσότερο από 70% του καλαμποκιού στις Η.Π.Α. χρησιμοποιείται για ζωοτροφή, διπλασιάζοντας ή τριπλασιάζοντας την παραγωγή βιοαιθανόλης μπορεί να προκαλέσει αύξηση των τιμών καλαμποκιού, και κατά συνέπεια, την τιμή του κρέατος. Η απαίτηση για τα βιοκαύσιμα στις Η.Π.Α. έχει συνδεθεί με μια μαζική άνοδο στην τιμή του καλαμποκιού που οδήγησε σε μια πρόσφατη αύξηση 400% στις τιμές παρασκευασμάτων όπως η tortilla στο Μεξικό.

Όπως επίσης υποστηρίζουν οι M. McCormick, S. Freifeld και L. Kiesling του Reason Public Policy Institute η βιοαιθανόλη δεν είναι ουσιαστικά ένα βιοκαύσιμο που μειώνει τους ρύπους στην ατμόσφαιρα αλλά αντίθετα ένα καύσιμο που για την παραγωγή του απαιτούνται περισσότερα συμβατικά καύσιμα για την παραγωγή του και επομένως και περισσότερη ενέργεια. Τα βασικά του προβλήματα, σύμφωνα πάντα με την παραπάνω έρευνα, είναι η υψηλή διαλυτότητα της στο νερό και η κατά 1/3 μικρότερη αποδοτικότητα καυσίμου σε σχέση με τη απλή βενζίνη. Επομένως οι παραπάνω επιστήμονες υποστηρίζουν ότι απαιτείται 1,5 gallons αιθανόλης για να υποκαταστήσουν το 1 gallon απλής βενζίνης.

Ένα από τα κύρια επιχειρήματα των υπερασπιστών των βιοκαυσίμων είναι πως αυτές οι νέες μορφές ενέργειας θα βοηθήσουν στην μετρίαση της κλιματικής αλλαγής. Ωστόσο, με την προώθηση μεγάλης κλίμακας μηχανοποιημένων μονοκαλλιεργειών που απαιτούν αγρο-χημικές εισροές και μηχανήματα, το πιθανότερο τελικό αποτέλεσμα είναι μια γενικότερη αύξηση στις εκπομπές του CO₂. Καθώς τα δάση που δεσμεύουν αέρια του θερμοκηπίου αποψιλώνονται για να αντικατασταθούν από καλλιέργειες βιοκαυσίμων, οι εκπομπές αυτές θα αυξάνονται

παρά θα μειώνονται. Για την αντιμετώπιση αυτού το προβλήματος αποφασίστηκε στην εν λόγω έρευνα να χρησιμοποιηθεί, όσο αυτό ήταν δυνατόν, η γεωργία των χαμηλών εισροών (απουσία λιπαντικής αγωγής, ζιζανιοκτονίας, έντονων καλλιεργητικών επεμβάσεων).

Δύο ανεξάρτητες έρευνες που διεξήχθησαν στις ΗΠΑ ανατρέπουν όσα πιστεύαμε ως σήμερα για τις καλλιέργειες φυτών τα οποία αποτελούν την πρώτη ύλη για τη δημιουργία βιοκαυσίμων. Σύμφωνα με την έρευνα (που διεξήγαγαν ερευνητές από τα πανεπιστήμια της Minnesota, του Princeton και της Iowa) το ισοζύγιο του περιορισμού του διοξειδίου άνθρακα από τις καλλιέργειες αυτών των φυτών είναι ελλειμματικό σε σχέση με την απορρόφηση του διοξειδίου από τα δάση, τους βάλτους, τις σαβάνες και τις άλλες περιοχές που καταστρέφονται για να γίνουν χωράφια για φυτά που παράγουν βιοκαύσιμα. Οι ερευνητές ανακάλυψαν ότι τα φυτά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοκαυσίμων θα πρέπει να καλλιεργούνται για πολλούς αιώνες και σε μεγάλες εκτάσεις ώστε ο περιορισμός των επιπέδων του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (εξαιτίας της καύσης βιοκαυσίμων) να είναι ανάλογος με τις ποσότητες του διοξειδίου που απορροφούν τα δάση και οι άλλες περιοχές που καταστρέφονται για να δημιουργηθούν οι καλλιέργειες. Οι ερευνητές υπολόγισαν ότι στην Ινδονησία οι φυτείες παραγωγής φοινικέλαιου θα χρειαστούν 423 χρόνια για να καταφέρουν τελικά να ισοσκελίσουν το ισοζύγιο της απορρόφησης του διοξειδίου του άνθρακα από τους βάλτους που καταστράφηκαν για να δημιουργηθούν οι φυτείες. Είναι επίσης γνωστό ότι τα δάση του Αμαζονίου καταστρέφονται συστηματικά για τη δημιουργία καλλιεργειών σογιέλαιου το οποίο στη συνέχεια θα γίνει βιοκαύσιμο. Σύμφωνα με τον υπογράφοντα την έρευνα Jason Hill του Πανεπιστημίου της Minnesota, θα χρειαστούν 319 χρόνια για να καταφέρουν οι καλλιέργειες αυτές να ισοσκελίσουν το ισοζύγιο σε σχέση με τα δέντρα που κόπηκαν. Ο Joe Fargione, επιστήμονας από την περιβαλλοντική ομάδα The Nature Conservancy δήλωσε "Μήπως το διοξείδιο του άνθρακα που χάνουμε μετατρέποντας τα δάση, τα λιβάδια, και τα έλη, ξεπερνά σε βάρος το διοξείδιο του άνθρακα που διατηρείται χρησιμοποιώντας τα βιολογικά καύσιμα αντί των ορυκτών καυσίμων; Και είναι εκπληκτικό ότι η απάντηση είναι όχι". Η μελέτη έλαβε υπόψη το γεγονός ότι μετά από τους αιώνες, θα μπορούσε να εξισωθεί το ισοζύγιο, αλλά για τα επόμενα εκατό χρόνια ή και περισσότερα ακόμα, θα έκανε την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας χειρότερη. Ο Stephen Polasky, ένας από τους συντάκτες της μελέτης από το πανεπιστήμιο Μινεσότας δήλωσε ότι "δεν έχουμε τα κατάλληλα κίνητρα επειδή οι ιδιοκτήτες της γης ανταμείβονται για την παραγωγή του βιοπετρελαίου, αλλά δεν ανταμείβονται για τη διαχείριση του άνθρακα. Αυτό δημιουργεί κίνητρα για την υπερβολική εκχέρσωση του εδάφους και μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλες αυξήσεις στις εκπομπές άνθρακα."

Η Ευρωπαϊκή Ένωση αυτήν την περίοδο προβλέπει ότι μέχρι το 2020, τα βιολογικά καύσιμα πρέπει να αποτελούν το 10% των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στις μεταφορές. Ειδικότερα για την Ελλάδα θα απαιτηθούν, σύμφωνα με την οδηγία της ΕΕ 2003/30/ΕΚ και το Ν. 3423/2005, 1.560.000

στρέμματα και 3.230.000 στρέμματα για την παραγωγή των απαραίτητων ποσοτήτων Βιοντίζελ και 985.000 στρέμματα και 2.056.000 στρέμματα για την παραγωγή των απαραίτητων ποσοτήτων βιοαιθανόλης, έως τα το 2010 και 2020, αντίστοιχα. Θα απαιτηθούν επομένως 2.545.000 στρέμματα έως το 2010 και 5.286.000 στρέμματα το 2020 καλλιεργήσιμης γης από συνόλου 35 – 37 εκατομμυρίων στρεμμάτων, δηλαδή το 7 – 14%, που σήμερα καλλιεργείται με ετήσιες εντατικές και μη καλλιέργειες (Υπουργείο Ανάπτυξης & Κ.Α.Π.Ε., 2005).

4.1.6 Μειονεκτήματα που γίνονται πλεονεκτήματα

Τα βιοκαύσιμα έχουν δεχθεί έντονη κριτική τα τελευταία χρόνια. Η κριτική επικεντρώνεται στα μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα που σχετίζονται τόσο με την παραγωγή όσο και με την χρήση τους. Ωστόσο, ορισμένα προβλήματα δεν είναι τόσο σοβαρά όσο υποθέταμε και πολλά από αυτά με τη χρήση των φυτικών υπολειμμάτων θα εκλείψουν.

- ✓ Υγρά απόβλητα: η διαδικασία καθαρισμού των αποβλήτων που προκύπτουν με την κλασική μέθοδο παραγωγής βιοαιθανόλης είναι δαπανηρή. Αυτός είναι και ένας από τους σημαντικότερους λόγους που μέχρι σήμερα η παραγωγή βιοαιθανόλης έχει υψηλό κόστος. Τα τελευταία χρόνια οι επιστήμονες ανέπτυξαν μεθόδους με τις οποίες παράγουν βιοαιθανόλη μαζί με βιοαέριο (πρόγραμμα Maxifuel), εκμεταλλευόμενοι τα υγρά απόβλητα της διαδικασίας παραγωγής. Με τον τρόπο αυτό τα απόβλητα μετατρέπονται αίφνης σε πολύτιμους πόρους.
- ✓ Σωματίδια αιθάλης: τα καυσαέρια από την καύση του βιοντίζελ περιέχουν μεγάλες ποσότητες σωματιδίων αιθάλης από ότι τα καυσαέρια του πετρελαίου κίνησης. Νέες έρευνες δείχνουν ότι τα σωματίδια του βιοντίζελ είναι λιγότερο επιβλαβή για την υγεία από εκείνα του πετρελαίου. Το ίδιο ισχύει βέβαια και για την βιοαιθανόλη. Με τις νέες μεθόδους παραγωγής βιοαιθανόλης η ποσότητα υδρογονανθράκων που παράγεται ως καυσαέριο της βενζίνης μειώνεται κατά 35% και με την ανάμειξη αιθανόλης σε ποσοστό 10% στη βενζίνη, αποφεύγεται η μεγάλη ρύπανση που προκαλεί η προσθετική ουσία MTBE, η οποία χρησιμοποιείται για την αύξηση των οκτανίων στην αμόλυβδη βενζίνη.
- ✓ Αποψίλωση δασών: η ανάγκη για περισσότερες καλλιεργήσιμες εκτάσεις έχει ως αποτέλεσμα την αποψίλωση μεγάλων εκτάσεων τροπικού δάσους στην Νότια Αμερική. Ωστόσο με τα βιοκαύσιμα 2^{ης} γενιάς (μέθοδος IBUS – χρήση άχυρου ως πρώτη ύλη) το πρόβλημα αυτό αναμένεται να περιοριστεί.

(Περιοδικό Science Illustrated – τεύχος Φεβρουαρίου 2007).

4.1.7 Προοπτικές βιοκαυσίμων

Σήμερα όλοι πλέον συμφωνούν ότι η ανάγκη για καθαρό περιβάλλον είναι η μόνη προοπτική για το μέλλον του Κόσμου. Επομένως για να μην αναγκαστούν περιοχές του πλανήτη να πεινάσουν από την ραγδαία επέκταση των ενεργειακών φυτών στο μεγαλύτερο μέρος των καλλιεργήσιμων εκτάσεων, ειδικότερα οι λαοί του

Τρίτου Κόσμου που εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την «τροφική» βοήθεια των αναπτυγμένων χωρών, θα πρέπει να παρθούν αποφάσεις που να κινούνται στην ισορροπία της λογικής ότι η γεωργία θα πρέπει να ικανοποιεί τα τέσσερα F, δηλαδή Food = Τροφή, Feed = Ζωοτροφή, Fiber = Ίνα και Fuels = Καύσιμα. Επομένως πρώτη προτεραιότητα του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων θα πρέπει να είναι πέραν του προσδιορισμού των καλλιεργήσιμων εκτάσεων και ο επιμερισμός αυτών με γνώμονα το κοινό συμφέρον και την εξασφάλιση των απαραίτητων αναγκών. Αυτό θα μπορούσε κάλλιστα να επιτευχθεί με την εφαρμογή της μεθόδου του «ρολογιού» στο σύνολο των καλλιεργήσιμων εκτάσεων, εξασφαλίζοντας πάντοτε, με τη μορφή πλαφόν, ένα ικανοποιητικό και ταυτόχρονα αξιοπρεπές εισόδημα στους εκάστοτε παραγωγούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

Η ΑΡΔΕΥΣΗ

5 Η ΑΡΔΕΥΣΗ

5.1 Ιστορικά

Η άρδευση στο πέρασμα του χρόνου αποτέλεσε πηγή οικονομικής ανάπτυξης και ευημερίας, σε λαούς που εγκαίρως την αποδέχθηκαν ή είχαν την δυνατότητα να την χρησιμοποιήσουν, αλλά παράλληλα και αιτία πολέμου εξαιτίας αυτού του σημαντικού στρατηγικού πλεονεκτήματος. Ιστορικά και αρχαιολογικά δεδομένα απέδειξαν ότι η άρδευση έπαιξε μεγάλο ρόλο στην ανάπτυξη των σημαντικότερων αρχαίων πολιτισμών.

Πίνακας 5.1: Αύξησης των αρδευομένων εκτάσεων (σε ha) σε επιλεγμένες χώρες ανά τον κόσμο με τη χρήση σύγχρονων συστημάτων άρδευσης.				
Χώρα	1981	1986	1991	2000
Η.Π.Α.	185.300	392.000	606.000	1.050.000
Ινδία	20	0	55.000	260.000
Αυστραλία	20.050	58.800	147.000	258.000
Ισπανία	0	112.500	160.000	230.000
Νότια Αφρική	44.000	102.250	144.000	220.000
Ισραήλ	81.700	126.800	104.300	161.000
Γαλλία	22.000	0	51.000	140.000
Μεξικό	2.000	12.700	60.000	105.000
Αίγυπτος	0	68.500	68.500	104.000
Ιαπωνία	0	1.400	57.100	100.000
Ιταλία	10.300	21.700	78.600	80.000
Ταϊλάνδη	0	3.700	45.200	72.000
Κολομβία	0	0	29.500	52.000
Ιορδανία	1.000	12.000	12.000	38.300
Βραζιλία	2.000	20.200	20.200	35.000
Κίνα	8.000	10.000	19.000	34.000
Μαρόκο	3.600	5.800	9.800	17.000
Πορτογαλία	0	23.600	23.600	25.000
Κύπρος	6.000	10.000	25.000	25.000

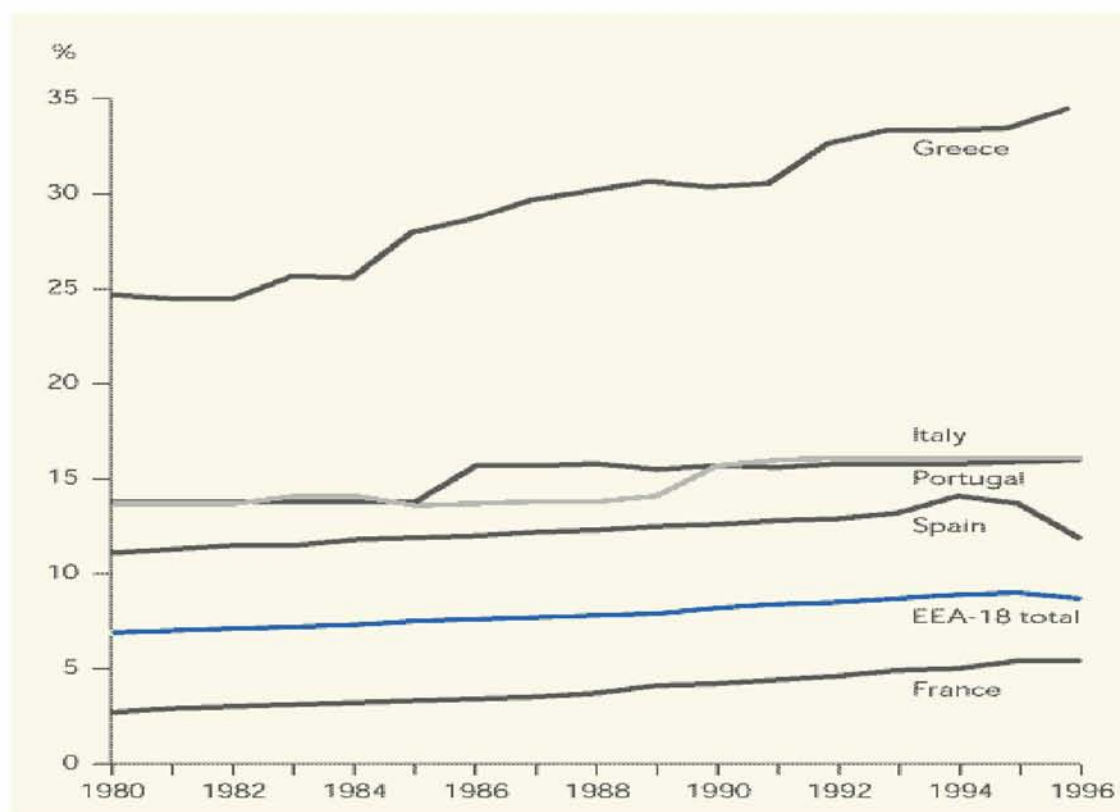
(Πηγή: Developments in Agricultural Engineering 13, Microirrigation for Crop Production Design, Operation, and Management. ELSEVIER 2007).

Πολιτισμοί όπως αυτοί που αναπτύχθηκαν “δίπλα” σε μεγάλους ποταμούς και υδρολογικές λεκάνες όπως ο Νείλος, ο Τίγρης, ο Ευφράτης, ο Ινδός και ο Κίτρινος ποταμός (Gelbrud, 1985; Postel, 1999). Για παράδειγμα η άρδευση με κατάκλιση ξεκίνησε 6.000 χρόνια π.Χ. στο Νείλο ποταμό και συνεχίζεται μέχρι και σήμερα χρησιμοποιώντας τα πλέον σύγχρονα συστήματα άρδευσης.

Η ανάπτυξη σύγχρονων συστημάτων άρδευσης με το πέρασμα των ετών έδωσε ένα επιπλέον κίνητρο ανάπτυξης ακόμη και σε χώρες που βιοποριστικά ήταν σαφώς υποβαθμισμένες.

5.2 Γενικά

Οι αγροτικές καλλιέργειες αποτελούν τον κυριότερο καταναλωτή νερού στη χώρα (σε ποσοστό περίπου 85% στις καταναλωτικές χρήσεις). Στο σημείο αυτό, όπως και σε πολλά άλλα, η χώρα μας διαφέρει σημαντικά από άλλες χώρες της ΕΕ. Η διαφορά αυτή δεν υποδηλώνει, όπως πολλοί ισχυρίζονται, χαμηλό επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης σε σχέση π.χ. με χώρες του Ευρωπαϊκού Βορρά. Είναι αποτέλεσμα κλιματολογικών συνθηκών και αποτελεί μόνιμη και αναπόφευκτη χαρακτηριστική διάσταση της διαχείρισης των υδατικών πόρων της Ελλάδας, στο βαθμό που η γεωργία παραμένει ως μια από τις σημαντικές παραγωγικές δραστηριότητες της χώρας.



Διάγραμμα 5.1: Αρδευόμενη επιφάνεια ως ποσοστό της συνολικής για διάφορες χώρες της Ευρώπης (Πηγή: FAO, Eurostat/NewCronos).

Στις χώρες του Βορρά, λόγω χαμηλότερων θερμοκρασιών και υψηλότερου ύψους βροχής το καλοκαίρι οι αρδευτικές ανάγκες είναι πολύ περιορισμένες. Μόνο στις χώρες του Νότου οι αρδευτικές ανάγκες είναι σημαντικές. Όπως όμως χαρακτηριστικά φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα, στη χώρα μας το ποσοστό της αρδευόμενης έκτασης επί της συνολικής ξεπερνά κατά πολύ τον ευρωπαϊκό μέσο όρο αλλά και εκείνο των άλλων μεσογειακών χωρών της Ευρώπης.

Συγκεκριμένα, το ποσοστό των αρδευόμενων γεωργικών γαιών στην Ελλάδα ανέρχεται, σύμφωνα με παλαιότερη έρευνα, στο 32% του συνόλου, ενώ περίπου το 60% των πεδινών εδαφών αρδύεται (Ελληνική Επιτροπή για την Καταπολέμηση της Ερημοποίησης, 2001). Αντίθετα η μέση κατανάλωση νερού για ύδρευση στην Ελλάδα είναι σαφώς κατώτερη από το μέσο όρο της Ε.Ε. (100 λίτρα νερού ύδρευσης ανά κάτοικο την ημέρα – Περιοδικό Εικόνες – φύλλο 22/3/2009).

Είναι γεγονός ότι τα ποτάμια μας γίνονται πλέον χωματερές αυτό προκύπτει από την μελέτη για την περιβαλλοντική κατάσταση των 15 σημαντικότερων ποταμών στα Βαλκάνια του ερευνητή του Ινστιτούτου Εσωτερικών Υδάτων του ΕΛΚΕΘΕ (Ελληνικού Κέντρου Θαλασσιών Ερευνών) κ. Ν. Σκουλικίδη. Ο πίνακας που ακολουθεί αναδεικνύει το παραπάνω σημαντικό πρόβλημα (εφημερίδα Το Βήμα – φύλλο 20/9/2009).

Πίνακας 5.2: Περιβαλλοντική κατάσταση Ελληνικών ποταμών						
Ποταμός	Μείωση όγκου υδάτων (%)	Περίοδος μετρήσεων	Νιτρικά άλατα (mg l ⁻¹)	Νιτρώδη άλατα (μg l ⁻¹)	Αμμωνιακά άλατα (μg l ⁻¹)	Ολικός Φώσφορος (μg l ⁻¹)
Αώος	-24%	1964-1987	<0,22	10	<36	19,6
Έβρος	+7,54%	1936-1985	3,47	165	105	668
Νέστος	-8%	1996-2006	1,24	14	84	136
Στρυμόνας	-	-	1,46	16	63	144
Αξιός	-57%	1961-2000	1,86	60	87	634
Αλιάκμονας	-12%	1963-2006	0,68	8	140	20
Άραχθος	-30%	1982-2006	-	-	-	-
Αχελώος	-12%	1980-2006	0,82	27	87	66
Πηνειός	-	-	1,92	13	63	77
Σπερχειός	-48%	1950-1990	0,75	5,2	83,2	15,2
Αλφειός	-	-	0,69	<5,5	<54	<16
Ευρώτας	-84%	1974-2006	1,21	21	65	<21
Κατάσταση:		Πολύ καλή	Καλή	Μέτρια	Κακή	Πολύ κακή

Παρ' όλα αυτά, θα πρέπει να τονιστεί ότι για τη διαχείριση και προστασία των υδάτων της χώρας μας, στο πλαίσιο της εφαρμογής του Ευρωπαϊκού και του Εθνικού Νομικού Πλαισίου, με στόχο τη μεγιστοποίηση της οικονομικής και κοινωνικής ευημερίας, με τρόπο δίκαιο και χωρίς συμβιβασμούς ως προς την βιωσιμότητα των ζωτικών συστημάτων, έχουν ακόμα να γίνουν πάρα πολλά και ειδικότερα στον τομέα της καλύτερης οργάνωσης των αρμοδίων Υπηρεσιών, στη στελέχωση αυτών με εξειδικευμένο προσωπικό και την απεξάρτησή τους από μικροκομματικές επιλογές και πολιτικό – οικονομικά συμφέροντα.

Παράδειγμα προς αποφυγή αποτελεί η Ελληνική επαναστατική μέθοδος αφαλάτωσης θαλασσινού νερού για την παραγωγή πόσιμου στο νησί Ηράκλεια των Κυκλάδων με το κωδικό όνομα «Υδριάδα». Η Υδριάδα είναι ένα μοναδικό Ελληνικό επίτευγμα που όχι μόνο έχει δυνατότητα παραγωγής 70.000 λίτρων πόσιμου νερού την ημέρα, αλλά σέβεται απόλυτα το περιβάλλον, αφού επιδρά στη θάλασσα όπως ο ήλιος, εξατμίζοντας το νερό. Το συγκεκριμένο επαναστατικό και ταυτόχρονα απολύτως περιβαλλοντικό επίτευγμα των Ελλήνων επιστημόνων που χώρες όπως η Σαουδική Αραβία η Ιαπωνία κ.α. επιθυμούσαν να αγοράσουν σταμάτησε τη λειτουργία του λόγω έλλειψης κονδυλίων από το αδηφάγο και σπάταλο κατά τα άλλα Ελληνικό Κράτος (Βήμαmagazino – τεύχος 13/7/2008).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΕΛΛΑΔΑ																
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ	ΑΡΔΕΥΣΙΜΗ ΕΚΤΑΣΗ			ΑΡΔΕΥΘΕΙΣΑ ΕΚΤΑΣΗ			ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΡΔΕΥΣΗΣ %	ΒΑΘΜΟΣ ΔΕΥΣΕΩΣ	ΑΡΔΕΥΘΕΙΣΑ ΕΚΤΑΣΗ ΚΑΤΑ ΠΗΓΗ ΥΔΡΟΛΟΓΗΣΕΩΣ					ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΕΩΣ		
	ΜΕ ΒΑΡΥΤΗΤΑ	ΜΕ ΑΝΤΛΗΣΗ	ΣΥΝΟΛΟ	ΜΕ ΒΑΡΥΤΗΤΑ	ΜΕ ΑΝΤΛΗΣΗ	ΣΥΝΟΛΟ			ΠΟΤΑΜΟΙ ΚΑΙ ΠΗΓΕΣ	ΦΥΣΙΚΕΣ ΛΙΜΝΕΣ	ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΛΙΜΝΕΣ	ΓΕΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΦΡΕΑΤΑ	ΣΤΡ/ΚΕΣ ΤΑΦΡΟΙ	ΕΠΙΦ/ΚΗ ΑΡΔΕΥΣΗ	ΤΕΧΝΗΤΗ ΒΡΟΧΗ	ΣΤΑΓΔΗΝ ΚΤΛ
ΙΟΝΙΑ ΝΗΣΙΑ	ΔΕΝ ΔΟΘΗΚΑΝ ΣΤΟΙΧΕΙΑ															
ΣΤΕΡΕΑ ΕΛΛΑΔΑ	55000,00	393900,00	448900,00	56566,83	405034,83	461601,66	92,89	113,18	140395,67	139990,00		139406,00	8827,78	34549,33	404203,45	32641,67
ΔΕΛΦΑΔΑ	112202,67	263234,00	375436,67	67421,84	173690,05	241111,89	64,34	69,51	97250,47	129313,75	3500,00	11869,70		129461,47	90460,08	19381,67
ΗΠΕΙΡΟΣ	203864,67	224555,17	428419,84	79746,75	171100,82	250847,57	64,49	79,39	203240,88	14531,90	880,00	7745,50	14741,50	101162,33	137153,82	9538,25
Β.ΑΙΓΑΙΟ	3410,00	4530,00	7940,00	2323,50	549,00	2872,50	52,00	65,00	1173,50	0,00	1150,00	549,00	0,00	1368,85	1378,40	125,25
Κ.ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	494604,65	318227,58	812832,23	453768,65	264527,15	718295,80	74,52	83,57	259480,13	368786,53	65695,13	336809,42	116465,95	92083,73	160140,20	34911,88
ΑΝ.ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ & ΘΡΑΚΗ	324965,23	650205,49	975170,73	247270,13	468377,23	715647,37			436159,21	300,00	27155,00	182045,56	39789,00	253943,30	433576,06	21208,33
Δ.ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	45985,17	150405,40	196391,23	26191,06	73283,39	99474,46	47,28	63,55	34288,08	8759,50	35131,87	12344,36	935,00	12690,16	63850,35	23080,49
ΘΕΣΣΑΛΙΑ	157946,00	596052,45	753998,44	97802,20	461629,34	533061,84	75,64	83,34	145653,69		120665,83	322984,64		24285,49	317845,51	216503,87
ΚΡΗΤΗ	24949,40	145132,53	169901,93	24716,00	127013,60	151729,60	95,51	122,93	57295,00	2500,00	30030,00	68536,60		19370,00	7533,33	133062,00
ΠΕΛ/ΝΗΣΟΣ	102855,20	149111,90	272493,30	70539,47	107609,83	177020,83	71,99	75,36	121897,40		150,00	55528,63	3540,00	97000,50	54214,47	54107,43
ΑΤΤΙΚΗ	650,00	1200,00	1850,00	650,00	1200,00	1250,00	100,00		650,00			1200,00		1250,00		600,00
Ν.ΑΙΓΑΙΟ	5860,00	3130,00	8990,00	966,67	223,33	1190,00					1190,00					
ΣΥΝΟΛΟ ΧΩΡΑΣ	1532292,99	2899684,52	4452324,38	1127963,10	2254238,59	3354103,52	73,87	83,98	1497484,03	664181,68	285547,83	1139019,41	184299,23	767165,17	1670355,67	545160,85

Πίνακας 5.3: Στοιχείων άρδευσης ανά Περιφέρεια της Ελλάδας (Πηγή: Μιγκίρος Γ. Καθηγητής Γ.Π.Α.)

5.2.1 Κυριότερα προβλήματα και δυνατότητες επίλυσής τους

Όπως προαναφέρθηκε, το συντριπτικά μεγάλο ποσοστό των καταναλωτικών χρήσεων νερού στην Ελλάδα ανήκει στην άρδευση. Αυτό το ποσοστό, που είναι μεγαλύτερο σε σχέση με κάθε άλλη ευρωπαϊκή χώρα, έχει θεωρηθεί από πολλούς ως δείκτης της κυριαρχίας της αγροτικής παραγωγής στην Ελλάδα και εν τέλει ως δείκτης οικονομικής υπανάπτυξης. Ωστόσο, αυτό δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα, δεδομένου ότι το ποσοστό αυτό, καθώς και οι διαφοροποιήσεις σε σχέση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες, επιβάλλονται από φυσικούς παράγοντες και κυρίως την κλιματολογία της χώρας. Στην Ελλάδα, σε αντίθεση με τις άλλες βορειότερες χώρες της Ευρώπης, η εξατμισοδιαπνοή της θερινής περιόδου είναι ιδιαίτερα υψηλή ενώ οι βροχοπτώσεις τείνουν να είναι μηδενικές. Κατά συνέπεια, οι πλείστες των καλλιεργειών έχουν σημαντικά μεγάλες ανάγκες σε νερό.

Σε κάθε περίπτωση, ωστόσο, πρώτιστο ζητούμενο είναι η μεγαλύτερη δυνατή εξοικονόμηση νερού στην άρδευση, που λόγω και της κυριαρχίας της αρδευτικής χρήσης, θα έχει αποτέλεσμα την σημαντική εξοικονόμηση νερού στο σύνολο αναγκών της χώρας. Εξοικονόμηση νερού μπορεί να επιτευχθεί τόσο με αποδοτικότερες μεθόδους άρδευσης (π.χ. στάγδην αντί επιφανειακή άρδευση) και τη χρήση εναλλακτικών υδατικών πόρων (π.χ. επαναχρησιμοποίηση), όσο με επιλογή λιγότερο υδροβόρων καλλιεργειών. Θα πρέπει πάντως να τονιστεί ότι η εξοικονόμηση νερού δεν είναι ένα ζήτημα υποκειμενικής στάσης των αγροτών, όπως συχνά έχει παρουσιαστεί. Η επίτευξή της απαιτεί κατάλληλες υποδομές, για τις οποίες απαιτούνται αντίστοιχες οικονομικές επενδύσεις, στρατηγική αγροτικής πολιτικής και οικονομικά διαχειριστικά εργαλεία. Διότι εάν για παράδειγμα εξοικονομηθεί το μεγάλο ποσοστό ύδατος από την μείωση της καλλιεργήσιμης με βαμβάκι έκτασης στην Θεσσαλική πεδιάδα πως αυτό θα μπορούσε να μεταφερθεί στα νησιά του Αιγαίου που έχουν τις μεγαλύτερες ανάγκες καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου; Εγγενώς, η παροχή αρδευτικού νερού εξαρτάται από τις φυσικές χρονικές διακυμάνσεις της διαθεσιμότητας υδατικών πόρων.

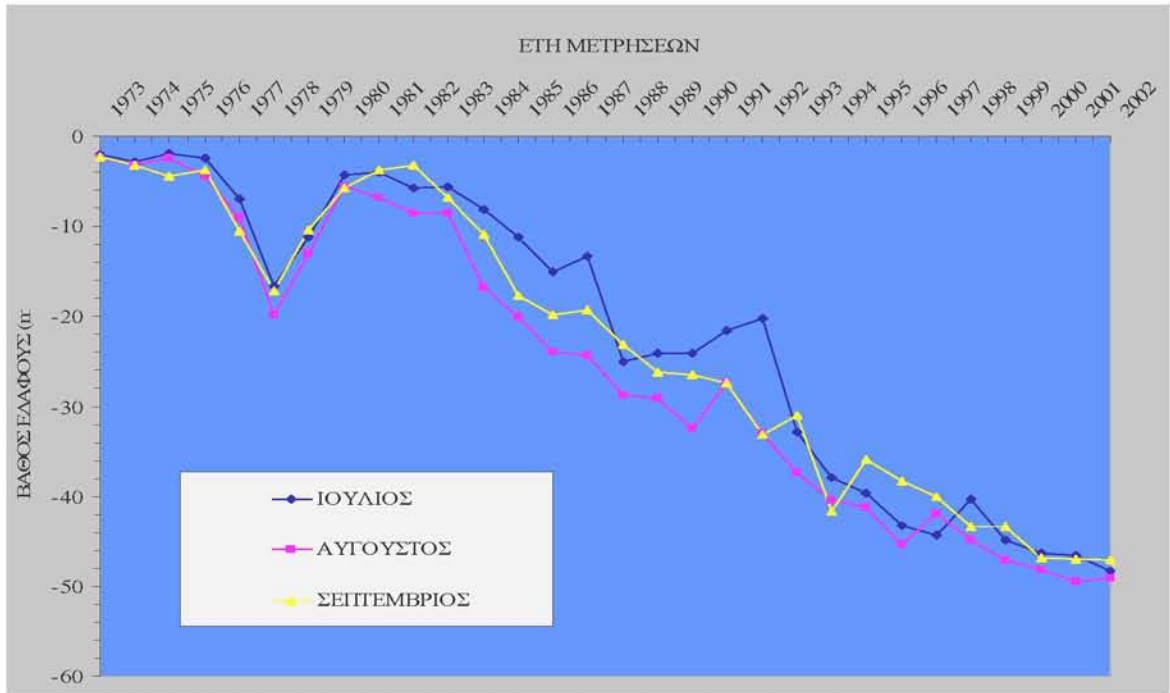
Οι ξηρασίες είναι συχνές στη χώρα μας και δεν είναι δυνατό να είναι απρόσκοπτη η παροχή αρδευτικού νερού. Ακόμη και όπου έχουν κατασκευαστεί ταμειυτήρες υπερετήσιας ρύθμισης της ροής, αυτοί έχουν σχεδιαστεί με επίπεδο αξιοπιστίας 80 - 90% σε ετήσια βάση. Αυτό σημαίνει ότι ένα στα πέντε έως δέκα χρόνια δεν είναι δυνατή η πλήρης κάλυψη των αρδευτικών αναγκών. Σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν τέτοια έργα, το πρόβλημα είναι ακόμη συχνότερο.

Σε πολλές περιοχές, οι γεωργικές δραστηριότητες που συναρτώνται με τη διαχείριση του νερού, και έχουν ήδη προξενήσει σημαντικές, δύσκολα επανορθώσιμες και συχνά ανεπανόρθωτες βλάβες στους υδροφορείς. Συγκεκριμένα προκάλεσαν προβλήματα τριών κύριων τύπων:

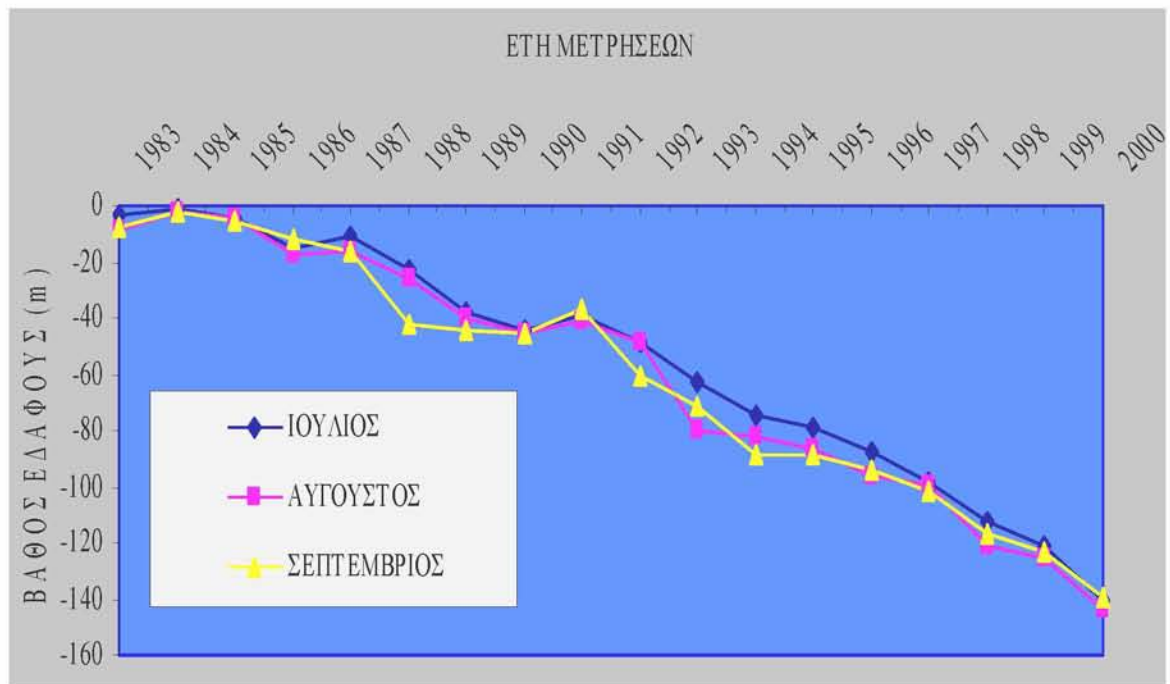
- ✓ Ποσοτική υποβάθμιση από υπερεκμετάλλευση: Πρόκειται για μεγάλης κλίμακας ταπείνωση της στάθμης των υδροφορέων, που προκλήθηκε από υπεράντληση και πέρα από την μείωση των διαθέσιμων αποθεμάτων και την

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

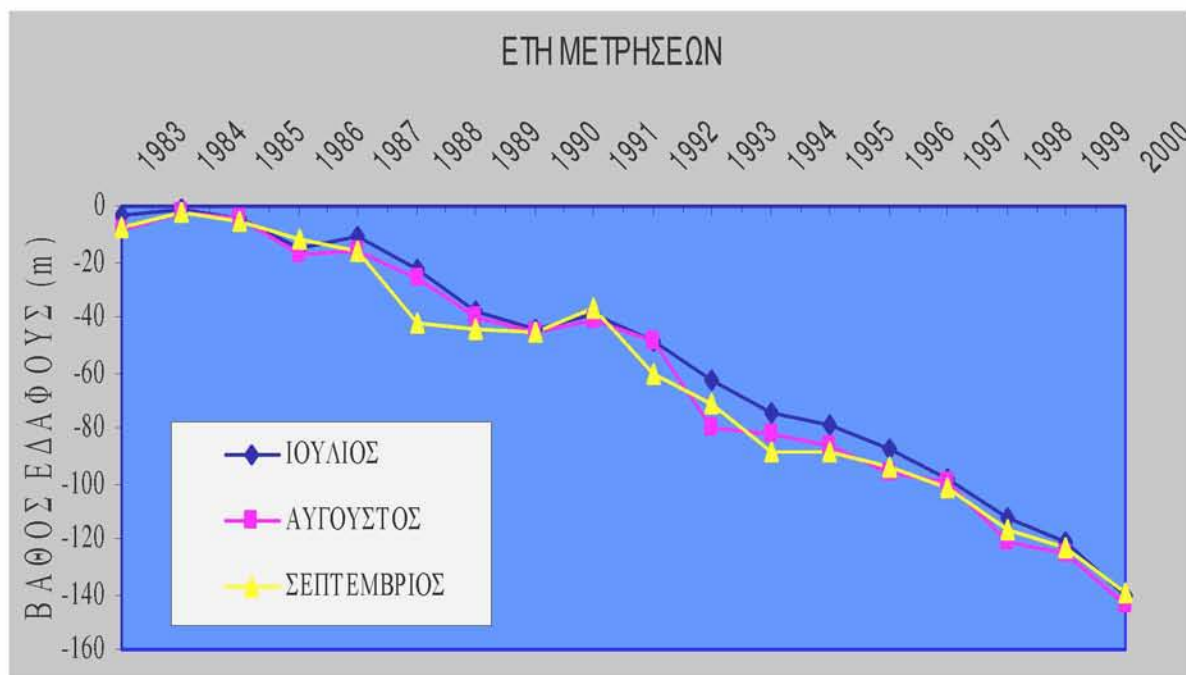
επιβάρυνση του ενεργειακού και οικονομικού ισοζυγίου, είχε και άλλες παράπλευρες συνέπειες, όπως τις καθιζήσεις εδαφών (π.χ. ρήγμα Μ. Μοναστηρίου Ν. Λάρισας).



Διάγραμμα 5.2: Γεώτρηση SR31 – Μέλισσα Λάρισας.



Διάγραμμα 5.3: Γεώτρηση SR-63A – Ριζόμυλος Μαγνησίας.



Διάγραμμα 5.4: Γεώτρηση Γ1Β – Κεφαλόβρυσο Λάρισας.

Σύμφωνα με τον Δ/ντη του Κέντρου Εκτίμησης Φυσικών Κινδύνων και Προληπτικού Σχεδιασμού του Ε.Μ.Π. και Πρόεδρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης Υδατικών Πόρων καθηγητή κ. Γ. Τσακίρη ο υδροφορέας Ασήμι – Μοίρες – Πόμπια στην Κρήτη έχει ετησίως πτώση στάθμης της τάξεως των 5-8 m (Βήμα της Κυριακής – φύλλο 22/3/2009).

- ✓ Ποιοτική υποβάθμιση από υπερεκμετάλλευση: Πρόκειται για ποιοτική καταστροφή μεγάλων τμημάτων παράκτιων υδροφορέων λόγω εισχώρησης θαλασσινού νερού στην ξηρά (υφαλμύριση).
- ✓ Ποιοτική υποβάθμιση από ρύπανση. Πρόκειται για εκτεταμένη διάσπαρτη ρύπανση από τη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Παραδοσιακά, τα υπόγεια νερά στη χώρα μας ήταν τα πλέον κατάλληλα για ύδρευση λόγω της πολύ καλής ποιοτικής κατάστασής τους. Σήμερα αυτό έχει αντιστραφεί, εκτός από τους ορεινούς υδροφορείς, σε περιοχές που δεν υπάρχουν γεωργικές χρήσεις γης.

Σε σχέση με το τελευταίο πρόβλημα, επισημαίνεται ότι η χρήση αζωτούχων και φωσφορικών λιπασμάτων στην Ελλάδα τοποθετείται πολύ πάνω από το μέσο όρο της Ευρώπης.

Συνολικά, η κατάσταση σε πολλές περιοχές είναι κρίσιμη και θα πρέπει να ληφθούν ριζικά μέτρα προστασίας των υπόγειων νερών από περαιτέρω υποβάθμιση και ανάκαμψης της κακής κατάστασης όπου αυτή είναι δυνατή.

Τρεις είναι οι μέθοδοι για το σκοπό αυτό και την επίτευξη αειφορικής διαχείρισης των υπόγειων υδατικών πόρων:

- Η διακοπή ή η ουσιαστική μείωση των αντλήσεων υπόγειου νερού με αντίστοιχη εξοικονόμηση νερού για άρδευση και μετατροπή αρδευόμενων εκτάσεων σε ξηρικές.
- Η υποκατάσταση των υπόγειων νερών με επιφανειακά, μέσω της κατασκευής έργων ταμίευσης επιφανειακών νερών.
- Ο τεχνητός εμπλουτισμός των υδροφορέων, λύση που από τη φύση της συνδυάζεται με την αμέσως προηγούμενη.

Σε ότι ειδικότερα αφορά τη ρύπανση, η λύση που φαίνεται ότι μπορεί να οδηγήσει σε αειφορία είναι οι βιολογικές καλλιέργειες, οι οποίες, πέραν του περιορισμού της ρύπανσης, παράγουν προϊόντα υψηλότερης ποιότητας και παρέχουν μεγαλύτερη διατροφική ασφάλεια. Χρειάζονται όμως, αναλογικά, μεγαλύτερες καλλιεργήσιμες εκτάσεις και περισσότερη ανθρώπινη εργασία με συνέπεια αυξημένο κόστος παραγωγής. Η Ελλάδα, σε σύγκριση με τις άλλες ευρωπαϊκές χώρες, βρίσκεται πίσω στο ποσοστό των εκτάσεων βιολογικών καλλιεργειών (περίπου 2% της καλλιεργήσιμης γης).

Όμως, η αντι-αειφορική σημερινή κατάσταση της γεωργίας δεν εξαντλείται στη σχέση της με την υπερεκμετάλλευση, υποβάθμιση και ρύπανση των υπόγειων νερών αλλά επεκτείνεται και στον ενεργειακό τομέα. Παραδοσιακά, η γεωργία ήταν μια δραστηριότητα αειφορική, αφού η ενεργειακή της τροφοδοσία γινόταν με δέσμευση ηλιακής ενέργειας, μέσα από τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης των φυτών.

Αυτό άρχισε να αλλάζει μετά το 1950 με αποτέλεσμα σήμερα η γεωργία και τα προϊόντα της (δηλαδή τα τρόφιμα) να τροφοδοτούνται ενεργειακά και από πετρέλαιο (κυρίως για την παραγωγή λιπασμάτων, την κίνηση των αγροτικών μηχανημάτων και τις μεταφορές των προϊόντων). Έτσι, με βάση Αμερικανικά δεδομένα, έχει υπολογιστεί ότι για τη γεωργική παραγωγή τροφίμων απαιτείται η κατανάλωση 1.500 λίτρων πετρελαίου ανά κάτοικο και ανά έτος (Pfeiffer, 2004), τιμή που αντιστοιχεί στην ίδια τάξη μεγέθους με την κατανάλωση ενός αυτοκινήτου ιδιωτικής χρήσης. Τα αδιέξοδα αυτής της, ολοφάνερα αντι-αειφορικής, πολιτικής έχουν ήδη γίνει αντιληπτά και έχουν υπάρξει αντιδράσεις για την αντιστροφή του φαύλου αυτού κύκλου.

Οι βιολογικές καλλιέργειες που προαναφέρθηκαν, οι οποίες αποφεύγουν τη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, και η υποκατάσταση των υπόγειων νερών με επιφανειακά, τα οποία κατά κανόνα ταμιεύονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα (με αποτέλεσμα την παραγωγή, αντί της κατανάλωσης ενέργειας) είναι δύο λύσεις που συμβάλλουν στην ενεργειακή αειφορία της γεωργίας. Όμως τη λύση της πλήρους αντιστροφής του φαύλου ενεργειακού κύκλου τη δίνει η βιοενεργειακή καλλιέργεια. Με την παραγωγή βιοκαυσίμων η γεωργία, αντί να είναι καταναλωτής ενέργειας, μπορεί να γίνει παραγωγός ενέργειας.

Το τοπίο για όλες τις παραπάνω νέες ιδέες και λύσεις είναι σήμερα ασαφές, τόσο ως προς τις οικονομικές, όσο και ως προς τις τεχνολογικές του διαστάσεις. Η

αποσαφήνιση του τοπίου συναρτάται με τη ενίσχυση της έρευνας και τεχνολογίας για διάφορα ζητήματα, όπως (ΓΓΕΤ, 2001, Grabtree και Lewis, 2007):

- ✓ Ανάπτυξη βελτιωμένων ποικιλιών καλλιεργειών κατάλληλων για ξηρικές καλλιέργειες, ανεκτικών σε ξηρασίες και ανθεκτικών σε ασθένειες.
- ✓ Σχετικές με το νερό όψεις της βελτίωσης της βιωσιμότητας των αρδευόμενων καλλιεργειών με εξέταση της πιο αποδοτικής διαχείρισης του ισοζυγίου των αλάτων και των στραγγίσεων.
- ✓ Ανάπτυξη καλλιεργειών με πιο αποδοτική χρήση νερού και βελτιστοποίηση της οικονομικής απόδοσης του νερού που χρησιμοποιείται στην άρδευση.
- ✓ Ενίσχυση της φωτοσυνθετικής ικανότητας των φυτών ώστε να καταστεί αποδοτικότερη η παραγωγή βιοκαυσίμων.

Απαραίτητη για τη διαχειριστική διάσταση είναι η ανάπτυξη και τήρηση γεωγραφικών βάσεων δεδομένων με τα πλήρη στοιχεία των καλλιεργειών, των χρησιμοποιούμενων πόρων, με έμφαση στο νερό, και την παραγωγή.

5.3 *Ανάγκες σε Αρδευτικό Νερό*

5.3.1 Γενικά

Οι ανάγκες σε αρδευτικό νερό (Irrigation Water Requirement) αποτελούν τη βασική παράμετρο για τον προγραμματισμό και σχεδιασμό των αρδευτικών έργων. Αν ο υπολογισμός των αναγκών δεν είναι σωστός η απόδοση του έργου είναι μικρή. Αν δηλαδή υπερεκτιμηθούν οι ανάγκες σε αρδευτικό νερό τότε οι παροχές των δικτύων και οι απαιτούμενες κατασκευές είναι μεγαλύτερες από αυτές που χρειάζονται, με αρνητικές οικονομικές επιπτώσεις.

Με τον όρο "ανάγκες σε αρδευτικό νερό" εννοούμε το ύψος νερού που απαιτείται να χορηγηθεί στις καλλιέργειες με άρδευση επιπλέον του νερού που συνεισφέρεται με άλλους τρόπους (π.χ. Βροχόπτωση) για την κανονική τους ανάπτυξη. Σύμφωνα με τον γενικό αυτό ορισμό στις ανάγκες περιλαμβάνονται η ποσότητα του νερού που καταναλίσκεται από τις καλλιέργειες (διαπνοή και σχηματισμός των ιστών), η ποσότητα που εξατμίζεται από το έδαφος ή τα υγρά μέρη του φυτού, οι απώλειες κατά την εφαρμογή, η ποσότητα που απαιτείται για την έκπλυση των αλάτων καθώς και για άλλες λειτουργίες όπως η αντιπαγετική προστασία.

Προφανώς για τον υπολογισμό των αναγκών βασικοί παράγοντες είναι το κλίμα, το είδος και το στάδιο αναπτύξεως των καλλιεργειών, οι γεωγραφικές συνθήκες, η κατάσταση του αγρού, η διαχείριση του νερού, η μέθοδος άρδευσης, το μέγεθος της αρδευόμενης έκτασης και το έδαφος (καμπύλη διαθεσιμότητας της εδαφικής υγρασίας).

Για το σχεδιασμό των αρδευτικών έργων το ύψος των αναγκών πρέπει να εξετάζεται σε σχέση με τη μεταβολή του στο χρόνο και τόπο. Συνήθως από τα

ιστορικά δεδομένα υπολογίζονται οι συνολικές ανάγκες της περιόδου, η εποχιακή τιμή και η τιμή των αναγκών κατά την περίοδο της μέγιστης ζήτησεως (seasonal & peak period water requirement). Η εποχιακή τιμή των αναγκών σε αρδευτικό νερό χρησιμοποιείται για αδρομερείς υπολογισμούς στην προκαταρκτική φάση μελέτης των αρδευτικών έργων. Η τιμή των αναγκών κατά την περίοδο της μέγιστης ζήτησεως χρησιμοποιείται για τη διαστασιολόγηση των αρδευτικών δικτύων καθώς επίσης και για τον έλεγχο της επάρκειας των υδατικών πόρων. Και οι δύο παράμετροι είναι χρήσιμες για τον οικονομικό υπολογισμό και τη βελτιστοποίηση των αρδευτικών έργων.

5.3.2 Υπολογισμός των αναγκών σε αρδευτικό νερό

Για τον υπολογισμό του ύφους των αναγκών για μια καθορισμένη περίοδο ως θεωρήσουμε τον όγκο που ορίζεται από μια εδαφική στήλη βάθους ίσου με το βάθος του ριζοστρώματος της καλλιέργειας που μας ενδιαφέρει.

Τότε η εξίσωση του ισοζυγίου του νερού στον όγκο αυτό μέσα σ' ένα ορισμένο χρονικό διάστημα είναι:

$$W_1 + IR + Pe - ET + W_G - W_D + (W_{HI} - W_{HO}) = W_2 \quad (5.1)$$

η οποία μετασχηματίζεται:

$$IR = ET - Pe - W_G + (W_2 - W_1) + L \quad (5.2)$$

$$\text{όπου } \Delta W = W_1 - W_2 \text{ ή } IR = ET - Pe - W_G - \Delta W + L \quad (5.3)$$

αν θεωρηθούν απώλειες (L) οι εκροές από τον όγκο αναφοράς εκτός της εξατμισοδιαπνοής (ET):

$$L = (W_{HO} - W_{HI}) + W_D \quad (5.4)$$

Τελικά οι ανάγκες σε αρδευτικό νερό IR εκφράζονται:

$$IR = \frac{ET - Pe - W_G - \Delta W}{Ea} = \frac{IRn}{Ea} \quad (5.5)$$

W_{HI} , W_{HO} : εισροή, εκροή νερού δια μέσου των πλευρικών ορίων του όγκου που εξετάζεται

W_1, W_2 : η αρχική και η τελική αποθήκευση νερού στο ριζόστρωμα

W_D : εκροή λόγω βαθιάς διηθήσεως

W_G : εισροή νερού από έδαφος κάτω από το ριζόστρωμα (συμβολή της υπόγειας στάθμης)

ΔW : η μεταβολή αποθηκεύσεως νερού στον όγκο αναφοράς κατά την περίοδο του ισοζυγίου

P_e : η ενεργός (ωφέλιμη) βροχόπτωση (effective rainfall)

E_a : ο συντελεστής αποδόσεως κατά την εφαρμογή

IR_n : το καθαρό ύψος αναγκών

Ο υπολογισμός των αναγκών κατά την περίοδο της ξηρασίας, οπότε οι ανάγκες γίνονται συνήθως μέγιστες, μπορεί να γίνει μετά από παράλειψη της ενεργού βροχόπτωσης

$$IR = \frac{ET - W_G - \Delta W}{E_a} \quad (5.6)$$

ή και απλούστερα:

$$IR = \frac{ET}{E_a} \quad (5.7)$$

Ο υπολογισμός των μέγιστων αναγκών πρέπει να γίνει με βάση μικρά σχετικά διαστήματα (μιας εβδομάδας ή ίσο με το χρόνο μεταξύ δύο αρδεύσεων) ώστε να μπορούν να καταγραφούν επαρκώς οι μεταβολές του μεγέθους αναγκών.

Από τους όρους που υπεισέρχονται στις εξισώσεις για τον υπολογισμό του ύψους των αναγκών ο σημαντικότερος είναι αυτός που αντιπροσωπεύει την εξατμισοδιαπνοή.

Η εξατμισοδιαπνοή έχει ερευνηθεί υπερβολικά δυσανάλογα σε σύγκριση με τους άλλους όρους που υπεισέρχονται στις παραπάνω εξισώσεις. Πρέπει να τονιστεί εδώ ότι σε πολλά συγγράμματα και άρθρα ούτε καν αναφέρονται οι άλλοι όροι που η

συμβολή τους μπορεί να είναι απόλυτα ουσιαστική για το σωστό υπολογισμό των αναγκών σε αρδευτικό νερό.

5.3.3 Εξάτμιση

Η εξάτμιση είναι η διαδικασία κατά την οποία νερό υγρής φάσης μετατρέπεται σε νερό αέριας φάσης (ατμοποίηση) και απομακρύνεται από την εξατμίζουσα επιφάνεια (απομάκρυνση ατμού). Το νερό εξατμίζεται από διάφορες επιφάνειες, όπως θάλασσες, λίμνες, ποτάμια, δρόμους, εδάφη και υγρή βλάστηση.

Για να αλλάξει η κατάσταση των μορίων του νερού από υγρή σε αέρια φάση απαιτείται ενέργεια. Η απευθείας ηλιακή ακτινοβολία και, σε μικρότερο βαθμό, η μεταβαλλόμενη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα παρέχουν την ενέργεια αυτή. Ο καθοριστικός παράγοντας για την αφαίρεση υδρατμών από την εξατμίζουσα επιφάνεια είναι η διαφορά μεταξύ της πίεσης υδρατμών στην εξατμίζουσα επιφάνεια και αυτής στην ατμόσφαιρα.

Καθώς προχωρά η εξάτμιση, ο αέρας γίνεται σταδιακά κορεσμένος και αν ο υγρός αέρας δεν μεταφερθεί στην ατμόσφαιρα η διαδικασία επιβραδύνεται ή και σταματά. Η αντικατάσταση του κορεσμένου αέρα με ξηρότερο αέρα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ταχύτητα του ανέμου. Επομένως, η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία του αέρα, η υγρασία του αέρα και η ταχύτητα του ανέμου είναι κλιματολογικές παράμετροι που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό της εξάτμισης.

Όπου η εξατμίζουσα επιφάνεια είναι η εδαφική επιφάνεια, ο βαθμός σκίασης του φυλλώματος της καλλιέργειας και το ποσό του διαθέσιμου νερού στην εξατμίζουσα επιφάνεια είναι επιπλέον παράγοντες που επηρεάζουν την διαδικασία της εξάτμισης. Οι συχνές βροχές, η άρδευση και το νερό που μεταφέρεται ανοδικά σε ένα έδαφος από έναν ρηχό υδροφόρο ορίζοντα διαβρέχουν την εδαφική επιφάνεια. Όπου το έδαφος είναι ικανό να παρέχει νερό αρκετά γρήγορα ώστε να ικανοποιεί τις ανάγκες της εξάτμισης, η εξάτμιση από το έδαφος καθορίζεται μόνο από τις μετεωρολογικές συνθήκες. Αντιθέτως, όπου το διάστημα μεταξύ βροχών και άρδευσης μεγαλώνει και η ικανότητα του εδάφους να τροφοδοτεί με υγρασία την επιφάνεια μικραίνει, το περιεχόμενο σε νερό του ανώτερου στρώματος του εδάφους πέφτει και η εδαφική επιφάνεια ξηραίνεται. Κάτω από αυτές τις συνθήκες η περιορισμένη διαθεσιμότητα του νερού ασκεί καθοριστική επίδραση στην εδαφική εξάτμιση. Αν δεν τροφοδοτείται με νερό η εδαφική επιφάνεια, η εξάτμιση ελαττώνεται γρήγορα και μπορεί να σταματήσει σχεδόν τελείως μέσα σε λίγες μέρες (FAO, 1998).

5.3.4 Διαπνοή

Η διαπνοή συνίσταται στην ατμοποίηση του νερού υγρής φάσης που περιέχεται στους ιστούς του φυτού και στην απομάκρυνση του ατμού στην ατμόσφαιρα. Οι καλλιέργειες χάνουν κυρίως το νερό τους μέσω των στομάτων. Το

νερό, μαζί με μερικές θρεπτικές ουσίες, απορροφάται από τις ρίζες και μεταφέρεται μέσω του φυτού. Η ατμοποίηση συμβαίνει εντός του φύλλου, δηλαδή στα μεσοκυττάρια διαστήματα, και η ανταλλαγή ατμού με την ατμόσφαιρα ελέγχεται από το στοματικό διάφραγμα. Σχεδόν όλο το νερό που απορροφάται χάνεται από την διαπνοή και μόνο ένα ελάχιστο κλάσμα χρησιμοποιείται μέσα στο φυτό. Η διαπνοή, όπως και η απευθείας εξάτμιση, εξαρτάται από την παροχή ενέργειας, την κλίση πίεσης υδρατμών και τον άνεμο. Επομένως, οι παράγοντες ακτινοβολία, θερμοκρασία του αέρα, υγρασία του αέρα και άνεμος πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό της διαπνοής. Η περιεκτικότητα σε νερό του εδάφους και η ικανότητα του εδάφους να μεταφέρει νερό ως τις ρίζες καθορίζουν επίσης την διαπνοή, όπως και η αλατότητα και εδαφικού νερού. Η διαπνοή επηρεάζεται επίσης από τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, τις περιβαλλοντικές συνθήκες και τις πρακτικές καλλιέργειας. Διαφορετικά είδη φυτών μπορεί να έχουν διαφορετική διαπνοή.

Όχι μόνο ο τύπος της καλλιέργειας, αλλά και η ανάπτυξη της καλλιέργειας, το περιβάλλον και η διαχείριση πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό της διαπνοής (FAO, 1998).

5.3.5 Εξατμισοδιαπνοή

5.3.5.1 Γενικά

Με τον όρο υδατοκατανάλωση (water consumption) των καλλιεργειών εννοούμε την ολική ποσότητα που χρησιμοποιείται για τη διαπνοή των φυτών, την εξάτμιση από τις επιφάνειες φυτών και εδάφους καθώς και την ποσότητα που χρειάζεται για την κατασκευή των ιστών και του κορμού. Σε μια κανονική περίοδο αναπτύξεως η ποσότητα που παραμένει στο φυτό για τη δόμηση του είναι λιγότερο από το 1% της συνολικής ποσότητας που καταναλώθηκε στην εξάτμιση και τη διαπνοή.

Ο όρος εξατμισοδιαπνοή (evapotranspiration) ορίζεται σαν την ποσότητα που καταναλίσκεται στη διαπνοή των φυτών και στην εξάτμιση των υγρών μερών του φυτού και του εδάφους κατά τη διάρκεια μιας ορισμένης περιόδου. Η διαπνοή, που είναι γενικά αποτέλεσμα βιολογικών διεργασιών και η εξάτμιση, που είναι ένα φυσικό φαινόμενο, αναφέρονται μαζί για ευκολία μια που είναι δύσκολο να διαχωριστούν ποσοτικά.

Ο ρυθμός εξατμισοδιαπνοής εκφράζεται σε χιλιοστόμετρα (mm) στη μονάδα του χρόνου. Ο ρυθμός εκφράζει την ποσότητα του νερού που απομακρύνεται (χάνεται) από μια καλλιεργούμενη επιφάνεια σε μονάδες ύψους νερού. Η μονάδα του χρόνου μπορεί να είναι ώρα, ημέρα, δεκαήμερο, μήνας ή ακόμα και ολόκληρη η καλλιεργητική περίοδος ή έτος.

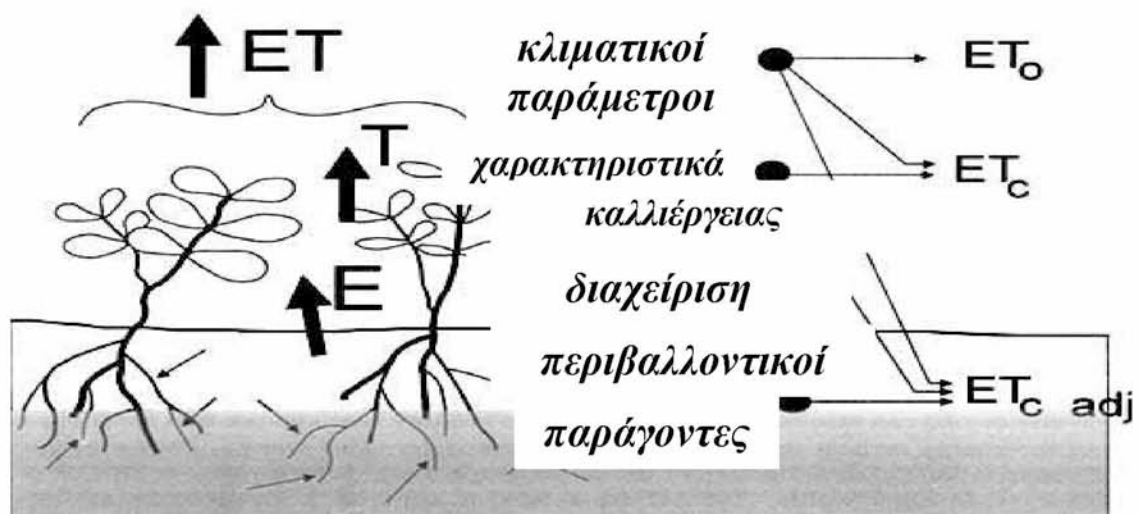
Παλαιότερες έρευνες οδήγησαν στο διαχωρισμό της εξάτμισης του εδάφους από τη διαπνοή (Ritchie, 1974). Η πραγματική διαπνοή συσχετίστηκε με επιτυχία με παραμέτρους όπως το μέγεθος των φύλλων του φυτού (leaf area index), την εδαφική υγρασία και την δυναμική διαπνοή. Εντούτοις τέτοια διάκριση δεν γίνεται για όλους τους πρακτικούς σκοπούς όπου η εξατμισοδιαπνοή θεωρείται ενιαία μεταβλητή και ίση με την υδατοκατανάλωση.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής υποθέτουν συνήθως ότι υπάρχει πάντα επαρκές διαθέσιμο νερό στο έδαφος το οποίο καταναλίσκεται με την εξατμισοδιαπνοή. Συνήθως σαν καλλιέργεια αναφοράς παίρνεται το γρασίδι. Η δυναμική εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς (potential evapotranspiration of reference crop, PET) είναι η εξατμισοδιαπνοή από μια επιφάνεια πλήρως καλυμμένη από γρασίδι ομοιόμορφου ύψους 8-15 cm, ελεύθερου από οποιαδήποτε ασθένεια με επαρκές διαθέσιμο εδαφικό νερό για την ανάπτυξη του (Doorenbos και Pruitt 1977, Penman, 1948).

Προφανώς λόγω κυρίως των διαφορετικών αεροδυναμικών και ανακλαστικών χαρακτηριστικών των καλλιεργειών, ή δυναμική εξατμισοδιαπνοή κάθε καλλιέργειας δεν είναι ίση με αυτή της καλλιέργειας αναφοράς. Η δυναμική εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας PETc μπορεί να προβλεφθεί αν είναι γνωστή η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς PET με την εισαγωγή ενός φυτικού συντελεστή που χαρακτηρίζει τη διαφορά των χαρακτηριστικών της καλλιέργειας από την καλλιέργεια αναφοράς (Kc):

$$PET_c = K_c \cdot PET \tag{5.8}$$

Οι τιμές του φυτικού συντελεστή Kc δίνονται από πίνακες για κάθε μήνα.



Σχήμα 5.1: Παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή σε σχέση με τις ανάλογες έννοιες της εξατμισοδιαπνοής (Πηγή: FAO, 1998).

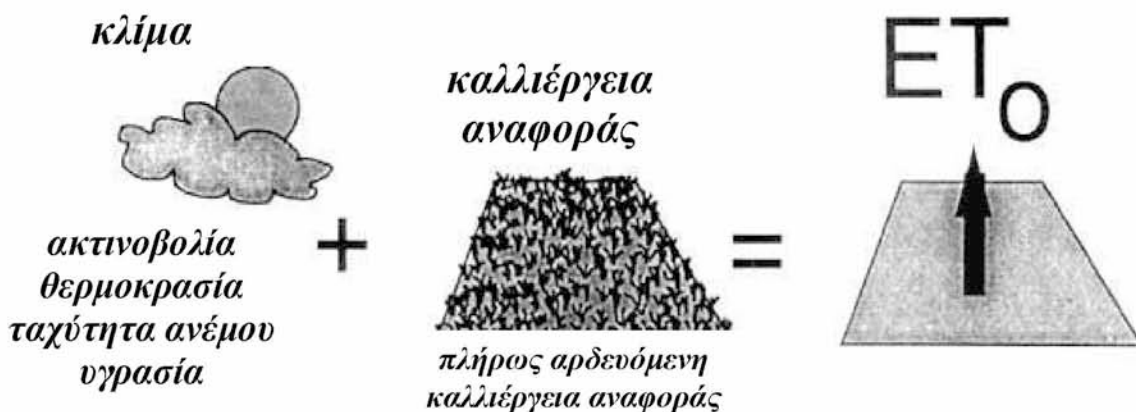
Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής κατατάσσονται σε άμεσες και έμμεσες. Γενικά οι άμεσες μέθοδοι δίνουν καλύτερα αποτελέσματα. Εντούτοις στο σχεδιασμό των αρδευτικών έργων, που είναι μια διαδικασία που διαρκεί μικρό σχετικά διάστημα, είναι σπάνιο να υπάρχουν αποτελέσματα από άμεσες μεθόδους, γι' αυτό συνήθως η εκτίμηση της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής γίνεται έμμεσα.

5.3.5.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή

Οι καιρικές συνθήκες, τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, η διαχείριση και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες είναι παράγοντες που έχουν επιπτώσεις στην εξατμηση και την διαπνοή.

5.3.5.2.1 Καιρικές συνθήκες

Οι βασικές καιρικές παράμετροι που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή είναι η ακτινοβολία, η θερμοκρασία του αέρα, η υγρασία και η ταχύτητα του ανέμου. Διάφορες διαδικασίες έχουν αναπτυχθεί για τον υπολογισμό της εξατμησης από αυτές τις παραμέτρους. Η ισχύς της εξατμησης της ατμόσφαιρας εκφράζεται από την εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς. Η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς (ET₀) αντιπροσωπεύει την εξατμισοδιαπνοή από μια τυποποιημένη επιφάνεια με γρασίδι που ποτίζεται καλά (FAO, 1998).



Σχήμα 5.2: Εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς (ET₀) (Πηγή: FAO, 1998).

5.3.5.2.2 Χαρακτηριστικά της καλλιέργειας

Η ανακλαστικότητα (albedo) α, μιας καλλιέργειας καθορίζει το μέρος εκείνο της ηλιακής ακτινοβολίας (R_s) το οποίο μετατρέπεται σε καθαρή ηλιακή ακτινοβολία (R_{ns}) και απορροφάται από τις επιφάνειες που τη δέχονται. Οι επιφάνειες αυτές είναι

φυτικές και εδαφικές. Η ανακλαστικότητα διαμορφώνεται από το χρώμα και την τραχύτητα της επιφάνειας που δέχεται την ακτινοβολία.

Στο χωράφι, αν το ποσοστό κάλυψης από το φύλλωμα είναι μικρό, οπότε μεγάλο μέρος της επιφάνειας του εδάφους είναι γυμνό και εκτεθειμένο στην ηλιακή ακτινοβολία, η μέση ανακλαστικότητα της επιφάνειας φύλλωμα-έδαφος είναι μικρότερη από όταν ολόκληρη η επιφάνεια του χωραφιού είναι καλυμμένη από το φύλλωμα, γιατί η ανακλαστικότητα του γυμνού εδάφους είναι μικρότερη (11-23%) από την αντίστοιχη του φυλλώματος (>20%). Έτσι, όσο μικρότερο είναι το ποσοστό φυτοκάλυψης τόσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια που απορροφάται και είναι διαθέσιμη για εξάτμιση και διαπνοή. Όσο η κάλυψη του εδάφους αυξάνει, μεγαλώνει και το ποσοστό της εξατμισοδιαπνοής που οφείλεται στη διαπνοή.

Ο τύπος της καλλιέργειας, η ποικιλία και το στάδιο ανάπτυξης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής καλλιεργειών που αναπτύσσονται σε μεγάλους, καλά διαχειριζόμενους αγρούς. Οι διαφορές στην αντίσταση στην διαπνοή, στο ύψος και την τραχύτητα της καλλιέργειας, στην αντανάκλαση, στην εδαφική κάλυψη και στα χαρακτηριστικά των ριζών της καλλιέργειας έχουν ως αποτέλεσμα διαφορετικά επίπεδα εξατμισοδιαπνοής στους διαφορετικούς τύπους καλλιεργειών υπό τις ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας υπό τυπικές συνθήκες (ETc) αναφέρεται στην ανάγκη εξάτμισης από καλλιεργείες που αναπτύσσονται σε μεγάλους αγρούς υπό συνθήκες βέλτιστου εδαφικού νερού, άριστης διαχείρισης και περιβαλλοντικών συνθηκών, και που επιτυγχάνουν πλήρη παραγωγή στις δεδομένες κλιματικές συνθήκες (FAO, 1998).

5.3.5.2.3 Διαχείριση και περιβαλλοντικοί παράγοντες

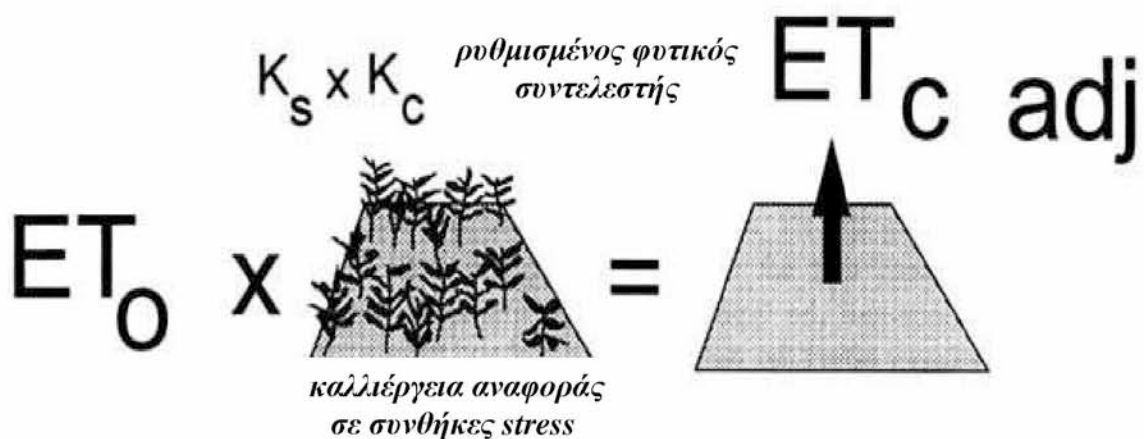
Παράγοντες όπως η εδαφική αλατότητα, η φτωχή γονιμότητα του εδάφους, η περιορισμένη εφαρμογή λιπασμάτων, η παρουσία σκληρών ή αδιαπέρατων εδαφικών οριζόντων, η απουσία ελέγχου ασθενειών και παρασίτων και η φτωχή διαχείριση του εδάφους μπορεί να περιορίσουν την ανάπτυξη της καλλιέργειας και να μειώσουν την εξατμισοδιαπνοή. Άλλοι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής είναι η εδαφική κάλυψη, η πυκνότητα των φυτών και το περιεχόμενο του εδάφους σε νερό. Η επίδραση που έχει το περιεχόμενο του εδάφους σε νερό επάνω στην εξατμισοδιαπνοή ρυθμίζεται πρώτιστα από το μέγεθος του ελλείμματος σε νερό και τον τύπο του εδάφους. Αφ' ετέρου το υπερβολικά πολύ νερό οδηγεί σε μεγάλη απορροή ή πλημμυρικά φαινόμενα που μπορούν να βλάψουν την ρίζα και με την παρεμπόδιση της αναπνοής.



Σχήμα 5.3: Εξατμοδιαπνοή της καλλιέργειας υπό τυπικές συνθήκες (ET_c) (Πηγή: FAO, 1998)

Κατά τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής, πρέπει επιπροσθέτως να ληφθεί υπόψη το εύρος των διαχειριστικών πρακτικών που ενεργούν πάνω στους κλιματικούς παράγοντες και στους παράγοντες της καλλιέργειας, επηρεάζοντας την διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής.

Οι πρακτικές καλλιέργειας και ο τύπος της μεθόδου άρδευσης μπορούν να αλλάξουν το μικροκλίμα, να επηρεάσουν τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας ή να επηρεάσουν την ύγρανση του εδάφους και της επιφάνειας της καλλιέργειας. Ένας ανεμοφράχτης ελαττώνει τις ταχύτητες του ανέμου και μειώνει την εξατμισοδιαπνοή του αγρού ακριβώς πέρα από το εμπόδιο. Η επίδραση μπορεί να είναι σημαντική ειδικά σε ανεμώδεις, θερμές και ξηρές συνθήκες αν και η εξατμισοδιαπνοή από τα ίδια τα δέντρα μπορεί να αντισταθμίσει οποιαδήποτε μείωση στον αγρό.



Σχήμα 5.4: Εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας υπό μη τυπικές συνθήκες ($ET_c \text{ adj}$) (Πηγή: FAO, 1998).

Η εδαφική εξάτμιση σε έναν νέο οπωρώνα, όπου τα δέντρα είναι αραιωμένα, μπορεί να μειωθεί χρησιμοποιώντας ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα στάγδην άρδευσης. Οι σταλακτήρες εφαρμόζουν το νερό κατευθείαν στο έδαφος κοντά στα

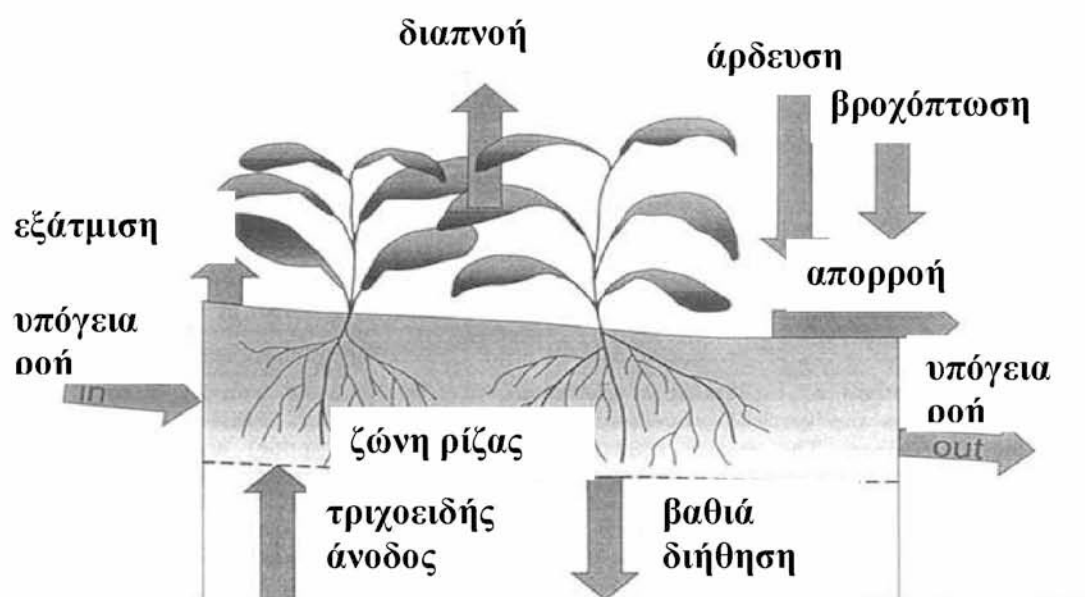
δέντρα, αφήνοντας με αυτόν τον τρόπο το σημαντικότερο μέρος της εδαφικής επιφάνειας ξηρό, και περιορίζοντας τις απώλειες εξάτμισης.

Η χρήση των καλυμμάτων προστασίας των ριζών, ειδικά όταν η καλλιέργεια είναι μικρή, είναι ένας άλλος τρόπος ουσιαστικά μείωσης της εδαφικής εξάτμισης. Όπου οι συνθήκες στον αγρό διαφέρουν από τις τυπικές συνθήκες, απαιτούνται διορθωτικοί παράγοντες για να προσαρμόσουν την εξατμοδιαπνοή από ET_0 σε ET_{cadj} . Η προσαρμογή απεικονίζει την επίδραση που έχουν στην εξατμοδιαπνοή της καλλιέργειας οι διαχειριστικές και περιβαλλοντικές συνθήκες στον αγρό (FAO, 1998).

5.3.5.3 Σημασία γνώσης της εξατμισοδιαπνοής

Η γνώση της εξατμισοδιαπνοής είναι θεμελιώδους σημασίας για τους εξής λόγους:

- Η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης είναι ένας από τους όρους της εξίσωσης ενεργειακού ισοζυγίου και η ανάλυσή της δίνει πολλές πληροφορίες για (μικρο) κλιματολογικές και αγρομετεωρολογικές μελέτες.
- Η εξατμισοδιαπνοή είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στην υδρολογία όταν καταρτίζονται υδατικά ισοζύγια.



Σχήμα 5.5: Υδατικό ισοζύγιο για αρδευτικούς σκοπούς (Πηγή: FAO, 1998).

- Η εξατμισοδιαπνοή είναι αναπόσπαστο κομμάτι των υδρολογικών και κλιματικών διεργασιών της γης και της ατμόσφαιράς της (υπεισέρχεται στα μοντέλα ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας και στα κλιματικά μοντέλα τοπικής, ηπειρωτικής και παγκόσμιας κλίμακας) και αποτελεί σημαντικό τμήμα του υδρολογικού κύκλου.

- Σε μεγάλες κλίμακες (ακόμα και σε παγκόσμια κλίμακα) η εξατμισοδιαπνοή έχει ιδιαίτερη σημασία για την εκτίμηση των κλιματικών και ανθρωπογενών επιδράσεων και περιβαλλοντικών πιέσεων στα φυσικά και γεωργικά οικοσυστήματα.
- Η εξατμισοδιαπνοή έχει τεράστια σημασία για την αγρονομία επειδή επιτρέπει την πρόβλεψη της παραγωγής από την καλλιέργεια (σοδειάς) με τη μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση υδατικών πόρων, δεδομένου ότι το νερό αποτελεί τον κύριο περιοριστικό παράγοντα για την γεωργική παραγωγή - διαχείριση υδατικών πόρων και υδατικά ισοζύγια στη γεωργία.

5.4 Υπόγεια στάγδην άρδευση

5.4.1 Γενικά

Μια παραλλαγή της επιφανειακής άρδευσης με σταγόνα είναι αυτής της υπόγειας στάγδην άρδευσης. Η μέθοδος αυτή γίνεται όλο και περισσότερο γνωστή ανά τον κόσμο και πιστεύεται ότι θα αντικαταστήσει στο άμεσο μέλλον την επιφανειακή στάγδην άρδευση σε ένα μεγάλο ποσοστό καλλιεργήσιμων εκτάσεων ανά τον κόσμο.

Η υπόγεια στάγδην άρδευση εμφανίστηκε πριν 60 περίπου χρόνια στις Η.Π.Α. και τη Μεγάλη Βρετανία με τη λήξη του δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου, εξαιτίας της χαμηλής τιμής των υλικών P.E. και PVC. Παρότι η επιφανειακή στάγδην άρδευση χρησιμοποιείται σήμερα σε μεγαλύτερη έκταση από την υπόγεια στάγδην, εντούτοις η άρδευση με σταλακτήρες ξεκίνησε με την εφαρμογή του αρδευτικού νερού κάτω από το επίπεδο της επιφάνειας του καλλιεργούμενου εδάφους (Davis, 1974).

Τα πρώτα πειράματα με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης ξεκίνησαν το 1860 στην Γερμανία, χρησιμοποιώντας σχετικά μικρές οπές, που παρέμειναν συνεχώς ανοιχτές, λειτουργώντας ταυτόχρονα και ως σύστημα άρδευσης και ως αποστραγγιστικό σύστημα (Howell et al., 1983; Keller και Bliesner, 2000).

Αργότερα, και σε έρευνες που ξεκίνησαν από τον House το 1913 (House, 1918), στο Colorado State University των Η.Π.Α., κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης είναι πρακτικά αντιοικονομική.

Η εφαρμογή της μεθόδου στη Δυτική Ακτή των Ηνωμένων Πολιτειών, κυρίως για την άρδευση καλλωπιστικών φυτών δίπλα σε λεωφόρους, είχε ως συνέπεια την ταχεία εξάπλωση αυτής σε ολόκληρο τον κόσμο.

Τα πρώτα υπαίθρια πειράματα στις Η.Π.Α., με την χρήση υπόγειας στάγδην άρδευσης, πραγματοποιήθηκαν σε έναν οπωρώνα λεμονιών στην Romona της Καλιφόρνιας το 1963 και σε οπωρώνα πορτοκαλιών στην Καλιφόρνια το 1964 (Davis, 1974).

Η υπόγεια στάγδην άρδευση αποτέλεσε μέρος της σύγχρονης γεωργικής πρακτικής από τις αρχές της δεκαετίας του 1960. Πειράματα με τη χρήση της επιφανειακής και της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε καλλιέργειες πορτοκαλιών και πατάτας έλαβαν χώρα από το 1959 από τον Sterling Davis, μηχανικό των αρδεύσεων του United States Salinity Laboratory (Davis, 1974; Hall, 1985). Την ίδια περίπου χρονική περίοδο στο Ισραήλ ο Blass, το 1964, πειραματιζόταν με την υπόγεια στάγδην άρδευση.

Η πρώτη μελέτη έρευνας και επίδειξης πραγματοποιήθηκε σε έναν οπωρώνα με αβοκάντο στο Σαν Ντιέγκο της Καλιφόρνια το 1969. Την ίδια σχεδόν περίοδο ξεκίνησαν και οι δοκιμές με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε καλλιέργειες φράουλας και τομάτας υπό πλαστική προστασία στο Σαν Ντιέγκο των Η.Π.Α. (Davis και Bucks, 1983).

Η υπόγεια στάγδην άρδευση αρχικά χρησιμοποιήθηκε σε οπωρώνες, σε κηπευτικές καλλιέργειες, σε καλλιέργειες καλλωπιστικών φυτών, σε δέντρα που παρήγαγαν ξηρούς καρπούς, σε αμπελώνες, σε καλλιέργειες ζαχαροκάλαμων και σε βαμβακοκαλλιέργειες.

Η βελτίωση της μεθόδου οφείλεται κυρίως σε Ισραηλινές εταιρίες οι οποίες επένδυσαν σημαντικό χρόνο και χρήμα στην εξέλιξη της. Οι Shani et al. (1996) απέδειξαν ότι η παροχή του σταλακτήρα εξαρτάται από την τιμή της υδραυλικής αγωγιμότητας.

Σε πολλές έρευνες η υπόγεια στάγδην άρδευση δεν διαχωριζόταν από την επιφανειακή στάγδην αλλά αναφερόταν ως μια παραλλαγή της με την διαφορά ότι το νέο αυτό σύστημα χορηγούσε το νερό λίγο πιο χαμηλά από το βάθος σποράς της εκάστοτε καλλιέργειας, για το λόγο αυτό και πολλοί ερευνητές την αναφέρουν ως υποεπιφανειακή άρδευση (Camp και Lamm, 2003). Διαφοροποίηση επιχειρήθηκε σε σχέση με την επιφανειακή στάγδην με την οριστικοποίηση του βάθους τοποθέτησης της κάτω από τα 5 cm, ελαφρώς πιο χαμηλά από την αρχική θεώρηση των 2 cm που πρότεινε ο Camp το 1998.

Η μαθηματική θεωρία που αφορά τη διήθηση και την πλευρική μετακίνηση του αρδευτικού νερού στην υπόγεια μεθοδολογία αναπτύχθηκε αρκετά νωρίς από τους Philip (1968), και Zachman και Thomas (1973).

Χρησιμοποιήθηκε πρωτίστως σε μεγάλης αξίας καλλιέργειες όπως τα οπωροφόρα δέντρα, τα λαχανικά, τα καρύδια, το ζαχαροκάλαμο, το βαμβάκι, η πατάτα, τα εσπεριδοειδή και το καλαμπόκι. Αργότερα χρησιμοποιήθηκε και σε καλλιέργειες αμπέλου. Ήδη από το 1959 χρησιμοποιείται κατά κόρον σε μεγάλες εκτάσεις της Καλιφόρνιας, της Χαβάης και του Τέξας των Η.Π.Α. εξαιτίας του σημαντικού ελλείμματος σε αρδευτικό νερό των περιοχών αυτών (Phene et al., 1992).

Από τις αρχές του 1982, η υπόγεια στάγδην άρδευση θεωρείται η καλύτερη και πλέον οικονομική εναλλακτική λύση για τους μικρούς παραγωγούς των Η.Π.Α. (Mitchell και Tilmon, 1982).

5.4.2 Πειράματα σε καλλιέργειες

Το 1986, ο Phene σε πειράματα τομάτας αυξάνει την μέση παραγωγή από 30 t acre⁻¹ με την χρήση παραδοσιακών μεθόδων επιφανειακής άρδευσης σε 50 έως και 60 t acre⁻¹ με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης.

Την επίδραση της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε ζαχαρότευτλα μελετούν οι Amaducci et al. (1989) στη Βόρεια και Νότια Ιταλία. Παρατηρούν αύξηση της συνολικής παραγωγής ζάχαρης και του ζαχαρικού τίτλου.

Σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στο Τέξας των Η.Π.Α. αυξήθηκε η συνολική παραγωγή τομάτας κατά 22% και ταυτόχρονα μειώθηκαν οι συνολικές εφαρμογές σε νερό κατά 75% με τη χρήση υπόγειας στάγδην άρδευσης σε σχέση με την παραδοσιακή άρδευση με αυλάκια (Bogle et al., 1989).

Οι Sterrett et al., το 1990, παρατήρησαν αύξηση της παραγωγής σε καλλιέργεια σπαραγγιών στην Βιρτζίνια των Η.Π.Α. διαμέσου της αύξησης των φυτών που μεταφυτεύτηκαν με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε σχέση με τη μέθοδο άρδευσης με επιφανειακούς εκτοξευτήρες.

Οι Grimes et al., το 1990, παρατήρησαν αύξηση στις παραγωγές σταφυλιών από 4% με την επιφανειακή στάγδην άρδευση σε 7% με την υπόγεια στάγδην, εξαιτίας των ικανοποιητικότερων τιμών εδαφικής υγρασίας και μείωσης των απωλειών λόγω της επιφανειακής εξάτμισης.

Στο Ισραήλ οι Oron et al. (1990) αρδεύουν υπογείως με σταγόνα καλλιέργειες λαχανικών και φρούτων με τη χρήση απόβλητου ύδατος επεξεργασμένο δευτεροβάθμια με ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Οι παραγωγές τομάτας αυξήθηκαν κατά 30%, με την υπόγεια στάγδην άρδευση συγκρίνοντας την με την επιφανειακή στάγδην, σε αμμώδες έδαφος στη Φλόριντα των Η.Π.Α., μειώνοντας στο μέγιστο δυνατό την βαθιά διήθηση καθώς η τομάτα θεωρείται, και όχι αδίκως, επιπολαιόριζο φυτό (Clark et al., 1993).

Το 1993 οι Sutton και Merit συγκρίνανε τις αποδόσεις σε παραγωγή και την αποδοτικότητα της άρδευσης σε καλλιέργεια μαρουλιού στην περιοχή της Νέας Δυτικής Ουαλίας στην Αυστραλία με τη χρήση της άρδευσης με εκτοξευτές και της υπόγεια στάγδην άρδευσης. Παρατήρησαν, ότι αν και οι μέσοι όροι ανάπτυξης των φυτών (μέγεθος) δεν είχαν σημαντική διαφορά μεταξύ τους, αντίθετα τα φυτά με την υπόγεια στάγδην άρδευση ήταν σαφώς πιο ομοιόμορφα και στα πειραματικά τεμάχια της υπόγεια στάγδην, που αρδεύτηκαν διατηρώντας την υγρασία πλησίον της υδατοϊκανότητας, επιτεύχθηκε αύξηση την παραγωγής κατά 7% σε σχέση με το σύνολο των πειραματικών που αρδεύτηκαν με εκτοξευτές.

Το 1996, ο Srinivas, απέδειξε την αύξηση της αποδοτικότητας της άρδευσης (W.U.E.) σε καλλιέργεια πατάγιας κατά 9% συγκρίνοντας την υπόγεια με την επιφανειακή στάγδην άρδευση στην περιοχή Bangalore της Ινδίας.

Παρόλα αυτά αν και το σπαράγγι θεωρείται σχετικά συμβατή καλλιέργεια με την υπόγεια στάγδην άρδευση, σε αντίθεση με τις καλλιέργειες πατάτας και κρεμμυδιού, θα πρέπει να γίνουν ακόμα περισσότερες προσπάθειες καθώς υπάρχει

μεγάλη ασυμβατότητα που οφείλεται κυρίως σε καταστροφές του υπόγειου δικτύου ειδικότερα κατά την συγκομιδή (Shock et al., 1998).

Οι Zoldoske et al. (1998) στα συμπεράσματα τους αναφέρουν σημαντική αύξηση σε παραγωγή σταφυλιών ανά συστάδα σε καλλιέργεια αμπέλου η οποία αρδεύτηκε με υπόγεια στάγδην άρδευση, σε αντίθεση με την επιφανειακή στάγδην, και μάλιστα με μειωμένες δόσεις άρδευσης σε ποσοστό 20% επί της συνολικής ημερήσιας τιμής της εξατμισοδιαπνοής. Επιτεύχθηκε επίσης με την υπόγεια άρδευση μεγαλύτερη ισορροπία στο χρόνο ωρίμανσης της καλλιέργειας.

Σε πείραμα των Lamm et al. (1999), οι μεγαλύτερες αποδόσεις σε παραγωγή καλαμποκιού είχαν τα πειραματικά τεμάχια που αρδεύτηκαν υπογείως με σταγόνα και μάλιστα με δόσεις άρδευσης μειωμένες σε ποσοστό 25% επί του συνόλου της εξατμισοδιαπνοής.

Το 2000 οι Sakellariou-Makrantonaki et al. παρατηρούν αύξηση της εδαφικής υγρασίας στη ζώνη του ριζοστρώματος σε καλλιέργεια ζαχαρότευτλων και αύξηση του ζαχαρικού τίτλου αυτών συγκρίνοντας την υπόγεια μέθοδο άρδευσης με αυτήν της επιφανειακής στάγδην άρδευσης.

Αντίθετα, παρότι η υπόγεια στάγδην άρδευση έδωσε εντυπωσιακά αποτελέσματα σε καλλιέργειες φιστικιάς σε διαφορετικά περιβάλλοντα (Sorenson et al., 2001), πολλές φορές η ομοιόμορφη ανάπτυξη των δέντρων σε ξηρά περιβάλλοντα δεν αποδείχθηκε ικανοποιητική (Howell, 2001).

Η υπόγεια στάγδην άρδευση αποδείχθηκε ως η πλέον οικονομική, σε καλλιέργεια βαμβακιού, σε περιοχές της κοιλάδας του San Joaquin των Η.Π.Α. όπου παρατηρείται έλλειψη νερού και επικρατούν σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα σχετικά με την στράγγιση των αρδευτικών υδάτων. Παρατηρήθηκε λοιπόν αύξηση της παραγωγής βαμβακιού από 1,4 – 2,0 Mg ha⁻¹ σε έρευνα που διήρκησε συνολικά τρία χρόνια (Ayars et al., 2001).

Σε άρθρο του Ron Smith τον Οκτώβριο του 2002, ο υπεύθυνος συγκομιδών βαμβακιού του Τέξας Dennis Flowers αναφέρει χαρακτηριστικά ότι παρατηρήθηκε αύξηση στην παραγωγή σύσπορου βαμβακιού κατά 18 kg ha⁻¹ στις εκτάσεις που αρδεύτηκαν με σταγόνα υπογείως.

Σε σχετική έρευνα των Kevin Larson και Dennis Thompson σε υβρίδια Σόργου (84G62) και αραβοσίτου (7821 BT) το 2002, αναφέρουν ως απολύτως αναγκαίο τη χρήση ενός επιπλέον συστήματος άρδευσης, όπως για παράδειγμα η άρδευση με κανόνι βροχής, πέραν της υπόγεια στάγδην άρδευση, με σκοπό το κανονικό φύτρωμα των καλλιεργειών, ειδικότερα όταν το υπόγειο δίκτυο βρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο των 30 cm.

Η υπόγεια στάγδην άρδευση είναι πιο συμβατή και πιο επικερδή από την επιφανειακή στάγδην σε καλλιέργειες όπως το βαμβάκι και το καλαμπόκι κυρίως εξαιτίας της μείωσης του κόστους επανατοποθέτησης του δικτύου σε κάθε νέα σπορά (O'Brien et al., 1998 ; Lamm et al., 2002a).

Οι Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη και συνεργάτες, το 2003, στα συμπεράσματα τους με την ολοκλήρωση πειράματος σε καλλιέργεια ινώδους Σόργου στη Θεσσαλία (αποτελέσματα δεύτερου έτους), αναφέρουν σαφή υπεροχή σε παραγωγή ξηρής βιομάζας, άρα και ενέργειας, καθώς επίσης και υψηλότερους αναπτυξιακούς ρυθμούς στα φυτά που αρδεύτηκαν υπογείως έναντι αυτών που αρδεύτηκαν με σταγόνα επιφανειακά.

5.4.3 Τοποθέτηση αγωγών εφαρμογής και ομοιομορφία της άρδευσης

Η μείωση των αποστάσεων τοποθέτησης των υπόγειων σωλήνων άρδευσης αυξάνει τις αποδόσεις των καλλιεργειών σε αμμώδη εδάφη (Phene και Sanders, 1976) και αναστέλλει την δημιουργία υψηλών τιμών αλατότητας σε εδάφη υπό το καθεστώς ξηροθερμικού περιβάλλοντος (Devitt και Miller, 1988).

Σε σύστημα υπόγειας στάγδην άρδευσης που τοποθετήθηκε στα 8 cm βάθος, παρατηρήθηκε σημαντική ζημιά στο φύτρωμα και στην ανάπτυξη της καλλιέργειας (Chase, 1985).

Οι Ayars et al., το 1995, αναφέρουν σημαντική οικονομική ζημιά σε εκατοντάδες μέτρα υπόγειου δικτύου τα οποία θα έπρεπε να αντικατασταθούν λόγω της κακής αρχικής τοποθέτησης (βάθος και τοποθεσία).

Οι καλλιεργητικές εργασίες με τρακτέρ, ειδικότερα κατά την συγκομιδή, μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές ζημιές στους υπόγειους αγωγούς, λόγω συμπίεσης, όταν οι εργασίες λαμβάνουν χώρα σε περιόδους με αυξημένη την εδαφική υγρασία και πραγματοποιούνται χωρίς να λαμβάνεται υπόψη το βάθος και ο χώρος εγκατάστασης του υπόγειου δικτύου.

Πολλά κριτήρια έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν για να υπολογιστεί η βέλτιστη απόσταση μεταξύ των υπόγειων πλαστικών αγωγών εφαρμογής. Συνήθως δύο παράμετροι χρησιμοποιούνται στις σύγχρονες μεθόδους άρδευσης, η q_{avg} , και η ομοιομορφία εφαρμογής της άρδευσης, οι οποίοι προσδιορίζονται από τους παρακάτω τύπους:

$$Q_{avg} = \frac{q_{max} - q_{min}}{q_{max}} \quad (5.9)$$

Όπου q_{max} και q_{min} είναι αντίστοιχα η μέγιστη και η ελάχιστη παροχή των σταλακτήρων ($L h^{-1}$), και q_{avg} είναι ο μέσος όρος παροχής των σταλακτήρων του δικτύου ($L h^{-1}$), και

$$EU = 100 \cdot \left[1,00 - \frac{1,27 \cdot CV}{n^{1/2}} \right] \frac{q_{min}}{q_{avg}} \quad (5.10)$$

Όπου EU είναι η ομοιομορφία της άρδευσης, η είναι ο αριθμός των σταλακτιών που αντιστοιχούν σε κάθε φυτό – δέντρο, και CV είναι ο συντελεστής απόκλισης που δίνει ο κατασκευαστής. Οι βέλτιστες τιμές EU κυμαίνονται από 0 – 10%, οι αποδεκτές από 10 – 20%, ενώ τιμές μεγαλύτερες από 20% είναι μη αποδεκτές (Bralts et al., 1987).

Η ελάχιστη τιμή της ταχύτητας εκροής για ένα καλό σύστημα μικρο-άρδευσης θεωρείται η $0,3 \text{ m s}^{-1}$ (American Society of Agricultural Engineers - ASAE EP405.1, 2003). Παρόλα αυτά υπάρχει σχετική διαφωνία για τις ικανοποιητικές τιμές ταχυτήτων εκροής στην υπόγεια στάγδην άρδευση, με τις τιμές να κυμαίνονται από $0,3 - 0,6 \text{ m s}^{-1}$ (Burt και Styles, 1999).

Η παραγωγή πατάτας αυξήθηκε κατά 27% με τη χρήση της υπόγεια στάγδην άρδευσης σε σχέση με την άρδευση επιφανειακά με εκτοξευτές και ταυτόχρονα μειώθηκαν κατά 29% οι απαιτήσεις σε αρδευτικό νερό, χρησιμοποιώντας έναν υπόγειο αγωγό άρδευσης ανά σειρά φύτευσης (DeTar et al., 1996). Τα παραπάνω αποτελέσματα είναι απόρροια της μείωσης των απωλειών λόγω βαθιάς διήθησης, λόγω της μεγάλης συχνότητας των αρδεύσεων, και της άμεσης πρόσβασης του αρδευτικού νερού στη ζώνη του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών, ικανοποιώντας τις ανάγκες του σε διαπνοή.

Επίσης, παρατηρήθηκε, σε πείραμα που έλαβε χώρα στην Νέα Νότια Ουαλία της Αυστραλίας, ότι η τοποθέτηση του υπόγειου δικτύου άρδευσης στα 0,2 m από την επιφάνεια του εδάφους προκάλεσε μικρή αύξηση της επιφανειακής υγρασίας για συνολικές ετήσιες εισροές σε αρδευτικό νερό της τάξης των 700 mm (Miller et al., 2000).



Φωτογραφία 5.1: Τοποθέτηση υπόγειου δικτύου άρδευσης με υπεδαφοθέτη προσαρμοσμένο σε τρακτέρ. Φωτογραφία F. R. Lamm - Kansas State University.

Πολύ μεγάλη σημασία επίσης πρέπει να δοθεί στην ορθή τοποθέτηση του δικτύου σε σχέση με το ύψος από την επιφάνεια του εδάφους για την αποφυγή των ζωνών με υψηλές συγκεντρώσεις σε άλατα.

Η τοποθέτηση των υπόγειων σωλήνων άρδευσης σε βάθη από 30 – 50 cm από την επιφάνεια του εδάφους, σε οπωρώνες και αμπελώνες, έδωσε άριστα αποτελέσματα, εξαιτίας του εκτενούς ριζικού συστήματος που μπορούν αυτές οι καλλιέργειες να αναπτύξουν.

Αντίστοιχα οι παραγωγές σε λάδι από ηλιάνθο ήταν υψηλότερες όταν η τοποθέτηση του υπόγειου δικτύου γίνεται μεταξύ των 25 – 35 cm σε αντίθεση με τοποθετήσεις δικτύων μικρότερες των 15 cm και μεγαλύτερες των 45 cm (Al-Nabulsi et al., 2000).

Επίσης, οι αποδόσεις σε παραγωγή αχλαδιών στο Ισραήλ βελτιώθηκαν (αύξηση από 11 – 19%) με την τοποθέτηση του υπόγειου δικτύου άρδευσης στα 0,3 m και μειώθηκαν όταν η τοποθέτηση έγινε στα 0,6 m, σε σχέση με την επιφανειακή στάγδην άρδευση (Oron et al., 1999a).

Η παραγωγή σε ξηρή βιομάζα από τη καλλιέργεια φάβας αυξήθηκε όταν η τοποθέτηση του υπόγειου στάγδην δικτύου έγινε μεταξύ των 30 – 45 cm από την επιφάνεια του εδάφους, σε αργιλοπηλώδες έδαφος, σε σχέση με τοποθετήσεις κάτω των 60 cm (Bryla et al., 2003).

Η παραγωγές σε καλαμπόκι παρέμειναν ανεπηρέαστες από την τοποθέτηση του υπόγειου δικτύου μεταξύ του βάθους των 20 έως και των 50 cm, σε ιλυοαργιλώδη εδάφη στο Κάνσας των Η.Π.Α., ενώ μικρές μειώσεις παρουσιάστηκαν όταν οι αγωγοί τοποθετήθηκαν κάτω από τα 60 cm βάθος (Lamm και Trooien, 2005b).

Σε πείραμα του έγινε από τους Oron et al., το 1999, σε αργιλοαμμώδη εδάφη με αχλαδιές, συγκρίνοντας την επιφανειακή και την υπόγεια στάγδην άρδευση και σε βάθη τοποθέτησης του υπόγειου δικτύου από τα 30 – 60 cm από την επιφάνεια του εδάφους, παρατηρήθηκε, ότι το βέλτιστο βάθος για την πρόληψη δημιουργίας υψηλών τιμών αλατότητας σε βάθη από 20 – 70 cm, είναι τα 30 cm.

Διάφορα μοντέλα υπολογισμού του βέλτιστου βάθους τοποθέτησης του υπόγειου στάγδην δικτύου με σκοπό την ελαχιστοποίηση της επιφανειακής εξάτμισης έχουν χρησιμοποιηθεί (Lomen και Warrick, 1978 ; Philip, 1991a).

Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα των Lomen και Warrick (1978), το ελάχιστο βάθος τοποθέτησης του υπόγειου δικτύου z_d σε cm, για μεγιστοποίηση των απωλειών ως έκφραση της δυνητικής εξάτμισης Le υπολογίζεται από τον τύπο:

$$z_d = \frac{- \ln \left[\frac{Le}{m} \right]}{\alpha} \quad (5.11)$$

Όπου α είναι το αντίστροφο του μήκους των τριχοειδών σε cm^{-1} και η παράσταση m προσδιορίζεται από τον τύπο:

$$m = \frac{2 \cdot E_s}{K_s} \quad (5.12)$$

Όπου E_s είναι η προσδοκία για μεγιστοποίηση των τιμών της εξάτμισης σε κορεσμένο έδαφος σε mm d^{-1} , και K_s είναι η υδραυλική αγωγιμότητα σε κορεσμένο έδαφος σε mm d^{-1} .

Για τοποθέτηση δικτύων σε μεγαλύτερα βάθη με σκοπό την περαιτέρω μείωση των απωλειών λόγω εξάτμισης πρέπει να συνυπολογίζονται τόσο η πιθανή αύξηση των απωλειών με τη βαθιά διήθηση όσο και οι δυνατότητες των ριζών να προσεγγίσουν την διαθέσιμη υγρασία (Gilley και Allred, 1974; Thomas et al., 1974; Philip, 1991b).

Επίσης είναι γνωστό ότι τα αυλάκια τοποθέτησης των υπόγειων πλαστικών σωλήνων άρδευσης πρέπει να είναι επαρκώς μεγάλα για να γίνεται εύκολα και καθαρά η συναρμολόγηση των στοιχείων της άρδευσης και των συνδέσεων (Lamm et al., 1997).

Η αξιοπιστία και η σταθερότητα των συνδέσεων του δικτύου σε συνδυασμό με την ευκολία πιθανής επιδιόρθωσης σε περιπτώσεις διαρροών ή άλλων προβλημάτων είναι τα κύρια κριτήρια επιλογής ενός ικανοποιητικού υπόγειου στάγδην συστήματος άρδευσης (Lamm et al., 1997).

5.4.4 Συχνότητα αρδεύσεων – δόσεις άρδευσης

Σε έρευνα του USDA (Phene et al., 1986) αποδεικνύεται ότι το προφίλ υγρασίας στην υπόγεια στάγδην άρδευση, όσον αφορά την επιφάνεια του εδάφους εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από τη ρύθμιση της συχνότητας των αρδεύσεων.

Αντίστοιχα σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Clark και Stanley, το 1992, αποφασίστηκε ότι η ελάχιστη δόση άρδευσης που απαιτείται ώστε οι καλλιέργειες να βρίσκονται σε περιβάλλον ικανοποιητικής υγρασίας πρέπει να είναι μεγαλύτερη των $4,6 \text{ mm d}^{-1}$. Εφαρμογές της τάξης των $6,4$ έως και $7,7 \text{ mm d}^{-1}$ θεωρούνται ικανοποιητικές ακόμη και σε αμμώδη εδάφη, εξοικονομώντας ταυτόχρονα αρδευτικό νερό σε ποσοστά 30-40% σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους άρδευσης, με απώτερο σκοπό την διατήρηση ικανοποιητικών τιμών εδαφικής υγρασίας.

Σύμφωνα με τους Clark και Stanley (1992) ένα σύστημα FES (fully enclosed subirrigation) μπορεί να είναι πλήρως αποδοτικό σε σχέση με οποιαδήποτε άλλο σύγχρονο αρδευτικό σύστημα διότι, εξαλείφει τις ζημιές που μπορούν να προκληθούν από τα πουλιά και τα έντομα, δεν παρουσιάζει απώλειες νερού με τη μορφή απορροής, βελτιώνει στο μέγιστο βαθμό την αποδοτικότητα της άρδευσης - ανάλογα

και με το μήκος του αγροτεμαχίου - , επιτρέπει την απρόσκοπτη στράγγιση του εδάφους, μειώνει την διάβρωση του εδάφους, βελτιώνει την αποθηκευτικότητα του εδάφους σε νερό, και αυξάνει τις ευεργετικές ιδιότητες της βροχής (Clark και Stanley, 1992 ; Smajstrla et al., 1996).

Η μεγάλη συχνότητα των αρδεύσεων παράλληλα με μικρότερες εφαρμογές σε νερό, που επιτυγχάνεται με την υπόγεια στάγδην άρδευση, μειώνει σημαντικά τη βαθιά διήθηση και ταυτόχρονα αυξάνει την αποδοτικότητα της άρδευσης στις περισσότερες καλλιέργειες στην Καλιφόρνια των Η.Π.Α. (Ayars et al., 1999).

Άλλωστε, είναι γνωστό ότι, η ικανότητα διατήρησης υψηλών τιμών εδαφικής υγρασίας στα διάφορα επίπεδα της εδαφικής κατατομής μειώνεται όταν αυξάνεται η συχνότητα των αρδεύσεων, με την μεθοδολογία της επιφανειακής άρδευσης, σε ποσότητες αντίστοιχες ή μεγαλύτερες με τις ανάγκες σε εξατμισοδιαπνοή, να λειτουργεί μόνο ως παράγοντας διαχείρισης της συγκέντρωσης των αλάτων στο εδαφικό διάλυμα (Rawlins, 1973).

Η συχνότητα άρδευσης με τη χρήση της υπόγειας στάγδην μεθόδου παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα των διαφόρων κηπευτικών και ανθοκομικών φυτών. Καθημερινή εφαρμογή νερού ή τουλάχιστον δύο φορές την εβδομάδα με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης λειτουργεί ως αυξητικός παράγοντας σε καλλιέργειες όπως το κρεμμύδι και τη στρογγυλή πιπεριά, σε αντίθεση με καλλιέργειες όπως το καρότο και το μαρούλι, όπου προτιμάται η άρδευση να πραγματοποιείται μόνο μία φορά κάθε εβδομάδα (Bucks et al., 1981 ; Hanson et al., 2003b).

Σε σχετική έρευνα δεν διαπιστώθηκαν διαφοροποιήσεις σε αποδόσεις καλλιεργειών (Camp et al., 1993) όπως το μπρόκολο, ο αρακάς και το σπανάκι, σε αργίλοαμμώδες έδαφος στην Νότια Καρολίνα των Η.Π.Α., οι οποίες αρδεύτηκαν με σύστημα υπόγεια στάγδην άρδευσης, και σε διαφορετικά προγράμματα άρδευσης, α) συνεχούς λειτουργίας έως την πλήρη ικανοποίηση των αναγκών των φυτών σε νερό και β) διακοπτόμενης (3 επαναλαμβανόμενες διακοπές με χρονικό περιθώριο επανέναρξης τις 4 ώρες).

Επίσης, αύξηση των παραγωγών σε τομάτα κατά 35%, παρατήρησαν οι El-Gindy και El Araby, το 1996, όταν τηρούσαν καθημερινό πρόγραμμα άρδευσης σε σχέση με το εναλλακτικό το οποίο επαναλαμβανόταν κάθε τρίτη ημέρα, σε ασβεστούχο έδαφος στην Αίγυπτο, διότι οι συχνότερες εφαρμογές, πέραν της δημιουργίας ικανοποιητικών τιμών εδαφικής υγρασίας, μείωσαν και τις συγκεντρώσεις των αλάτων στο εδαφικό διάλυμα.

Η συχνότητα άρδευσης (από μία έως επτά ημέρες) δεν επηρέασαν τις παραγωγές καλαμποκιού, καθώς τα επίπεδα εδαφικής υγρασίας κυμάνθηκαν σε ανεκτές για την καλλιέργεια τιμές (Caldwell et al., 1994 ; Camp, et al., 1989 ; Howell et al., 1997).

Η αποδοτικότητα της υπόγεια στάγδην άρδευσης αυξήθηκε κατά 16%, ελαττώνοντας τη συχνότητα των εφαρμογών από μία σε επτά ημέρες, εξαιτίας της

ευεργετικής επίδρασης των βροχοπτώσεων του καλοκαιριού στο ξηρό και άνυδρο κλίμα του Κάνσας των Η.Π.Α. (Caldwell et al., 1994).

Αντίστοιχα σε πρόσφατη έρευνα των Lamm και Aiken, το 2005a, στο Κάνσας των Η.Π.Α., σε καλλιέργεια καλαμποκιού, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές – με εξαίρεση το ένα (ξηρό έτος) από τα τρία χρόνια της έρευνας όπου παρατηρήθηκαν υψηλότερες παραγωγές στη προγραμματισμένη άρδευση των επτά ημερών – μεταξύ της ημερήσιας άρδευσης και αυτής των επτά ημερών, με την ημερήσια χορηγούμενη δόση σε αρδευτικό νερό να ανέρχεται στα 3,8 mm d⁻¹. Ειδικότερα, τη ξηρή χρονιά με τις καλύτερες αποδόσεις, ο αριθμός των σπόρων ανά σπάδικα ήταν μεγαλύτερος σε αριθμό σε σχέση με τις άλλες χρονιές, πιθανόν εξαιτίας των αυξημένων ποσοτήτων σε αρδευτικό νερό (26.7 mm / 7 d) που χορηγούνταν ταυτόχρονα, έχοντας ως αποτέλεσμα την απότομη αύξηση της εδαφικής υγρασίας στη ζώνη του ενεργού ριζοστρώματος, και επιταχύνοντας έτσι την πρωίμιση της καλλιέργειας.

Τέλος, σε πείραμα στο Τέξας των Η.Π.Α., σε ιλυοπηλώδες έδαφος, ο διαφορετικός προγραμματισμός στη συχνότητα των αρδεύσεων με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματα παραγωγικότητας του βαμβακιού (Enciso-Medina et al., 2003).

5.4.5 Ποιότητα νερού – άρδευση με υγρά αστικά απόβλητα

Η ποιότητα του νερού που χρησιμοποιείται για άρδευση με την υπόγεια στάγδην μέθοδο πρέπει να είναι απαραίτητα καλής ποιότητας διότι είναι οικονομικά ασύμφορη η εξαγωγή και επανεγκατάσταση του δικτύου, αλλά και ο καθαρισμός του, με τη χρήση χημικών, είναι δίκυπο μαχαίρι, ειδικότερα σε φυτά ευαίσθητα, τόσο στην ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων όσο και στην μείωση του οικονομικού οφέλους. Επομένως, ακόμη και σε μέτριας περιεκτικότητας ύδατα, εάν δεν υπάρχει σχεδιασμός για τον καθαρισμό του νερού με ειδικά φίλτρα, αυξάνεται ο κίνδυνος εμφράξεων στο δίκτυο.

Ο Elson Gushiken (1993) αναφέρει στα συμπεράσματα πειράματος του για τη διάθεση υγρών αστικών αποβλήτων με τη χρήση της υπόγειας άρδευσης, ότι ένα καλά σχεδιασμένο και κατασκευασμένο σύστημα υπόγειας άρδευσης παρέχει μία βιώσιμη και εξαιρετικά ελκυστική λύση στη διάθεση των υγρών αστικών αποβλήτων για γεωργική χρήση, έναντι βέβαια όλων των υπολοίπων γνωστών μεθοδολογιών άρδευσης. Μάλιστα αναφέρει χαρακτηριστικά ότι ‘‘το μέλλον της άρδευσης βρίσκεται υπόγεια’’.

Αρκετές μελέτες έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια σχετικά με τη διάθεση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων για άρδευση με υπόγειους στάγδην αγωγούς. Αγωγοί με σταλακτήρες παροχών της τάξης των 1,5 2,3, και 3,5 l h⁻¹ παρουσιάζουν μείωση παροχής σε ποσοστό 4% μετά από δύο συνεχόμενες περιόδους άρδευσης χρησιμοποιώντας επεξεργασμένα υγρά απόβλητα σε αντίθεση με τις

υψηλές μειώσεις σε παροχές που φτάνουν και το 18% σε σταλακτήρες που παροχετεύουν 0,6 και 0,9 l h⁻¹ (Trooien et al., 2000).

Μετά από τέσσερις συνεχείς περιόδους άρδευσης χρησιμοποιώντας επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα, και αγωγούς με σταλακτήρες παροχής 0,6 και 0,9 l h⁻¹, παρουσιάστηκε μείωση παροχών κατά 40% και 30%, αντίστοιχα, ενώ η μείωση στους μεγαλύτερης παροχής σταλακτήρες δεν ξεπέρασε το 13% (Lamm et al., 2002b). Σε εργαστηριακή έρευνα (προσομοίωση συνθηκών αγρού) με δύο σειρές αγωγών οι οποίοι περιείχαν από 12 σταλακτήρες ο καθένας, με ονομαστική παροχή 3,5 l h⁻¹, και χρησιμοποιώντας επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα για άρδευση, παρατηρήθηκε μείωση της παροχής σε έναν από τους σταλακτήρες κατά 25% και αντιστρόφως αύξηση της παροχής σε δύο από αυτούς, κατά 40% και 60% αντίστοιχα, από την κανονική εργοστασιακή. Αυτές οι διαφορές αποδίδονται στην διαφορική έμφραξη των σταλακτήρων καθώς τα υπολείμματα των υγρών αποβλήτων προσκολλώνται στα εύκαμπτα σημεία των σταλακτήρων (Lamm et al., 2002b). Η άρδευση με υγρά αστικά απόβλητα, που παραδόξως αυξάνουν την παροχή των σταλακτήρων, έχουν αναφερθεί σε πολλές οδηγίες κατασκευαστών ως πλεονέκτημα.

Μικρότερα σε μήκος και ευρύτερα ανοίγματα εξόδου στους σταλακτήρες πιθανώς μειώνουν την έμφραξη αυτών σε σχέση με τους σταλακτήρες που έχουν τη μορφή λαβύρινθου (Adin και Sacks, 1991).

Για την άρδευση με δευτερογενώς επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα οι σταλακτήρες που είναι προσκολλημένοι (ένα σώμα) με τους αγωγούς άρδευσης αποδίδουν καλύτερα από τους αντίστοιχους με οδοντωτή διάταξη (Hills και Brenes, 2001).

Αρκετές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί ειδικότερα στην περιοχή της Μεσογείου για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης. Τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερο χρησιμοποιούνται τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα στην άρδευση γεωργικών και αστικών εκτάσεων με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης. Σε πείραμα που διεξήχθη στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα από το Βιολογικό καθαρισμό του Βόλου, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την άρδευση γκαζόν (*Festuca arundinacea* cv. Fine Lawn I) με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης, προέκυψε ότι το συγκεκριμένο λύμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την άρδευση χλοοτάπητα με άριστα αποτελέσματα εφόσον ακολουθείται ένα πρόγραμμα εναλλαγής λυμάτων και καθαρού νερού σε αναλογία ένα προς τρία (Sakellariou-Makrantonaki et al., 2003).

5.4.6 Έδαφος και υπόγεια στάγδην άρδευση

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης σχετίζονται τόσο με τη κατασκευή κι τοποθέτηση του δικτύου όσο και με το είδος του εδάφους που αρδεύουν. Η κατανομή του αρδευτικού νερού στο έδαφος αποτελεί ακόμη και σήμερα ένα από τα σπουδαιότερα θέματα έρευνας τόσο στο

κατασκευαστικό τομέα όσο και στο τομέα της εδαφολογικής έρευνας (Gilley και Allred, 1974 ; Thomas et al., 1974 ; Raats, 1977 ; Bresler, 1978 ; Dirksen, 1978 ; Ghali και Svehlik, 1988 ; Philip, 1991 a and b ; Coelho και Or, 1996 ; Or, 1996 ; Or και Coelho, 1996b ; Cote et al., 2003 ; Thorburn et al., 2003).

Η πιθανότητα ελέγχου της εδαφικής υγρασίας με την αυτοματοποίηση της άρδευσης, συμπεριλαμβανόμενης της δομής και των χαρακτηριστικών του εδάφους, προτάθηκε από τον Bresler το 1978. Οι Ghali και Svehlik, το 1988, προσθέσανε στην αρχική θεώρηση την έννοια της βέλτιστης χρήσης του αρδευτικού νερού, αποδεχόμενοι μόνο τις ανάγκες της καλλιέργειας και αποκλείοντας τις πιθανές απώλειες (μέγιστη δυνατή μείωση απωλειών).

Τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του εδάφους παίζουν σημαντικό ρόλο στην διανομή του αρδευτικού νερού στην εδαφική κατατομή. Σε ένα ανισότροπο σε σύσταση έδαφος η υδραυλική αγωγιμότητα είναι μεγαλύτερη σε οριζόντια κατεύθυνση σε σχέση με τη κατακόρυφη (Dirksen, 1978). Το ποσοστό διανομής του αρδευτικού νερού εξαρτάται από τις εδαφολογικές συνθήκες που επικρατούν και τη δομή του εδάφους πλησίον του χώρου εκπομπής των σταλακτήρων.

Σε πείραμα που πραγματοποίησαν οι Phene et al. (1992) σε αργιλοπηλώδες έδαφος παρατήρησαν ότι η τοποθέτηση του υπόγειου δικτύου άρδευσης στα 45 cm βάθος από την επιφάνεια του εδάφους, είχε ως αποτέλεσμα τη διατήρηση της εδαφικής υγρασίας κοντά στο κομμάτι του ενεργού ριζοστρώματος σε απολύτως ικανοποιητικές τιμές (πλησίον της υδατοϊκανότητας). Μάλιστα το εδαφικό νερό σε καμία περίπτωση δεν χανόταν με διήθηση στα βαθύτερα στρώματα της εδαφοτομής, καθώς η κλίση του υδραυλικού φορτίου στο συγκεκριμένο κομμάτι είχε ανοδική κατεύθυνση.

Μικρότερες, σε ποσότητα ύδατος, και συχνότερες εφαρμογές αρδευτικού νερού συνιστώνται σε αμμώδη εδάφη με επιπολαιόριζες καλλιέργειες για την αποφυγή απωλειών νερού με τη μορφή βαθιάς διήθησης (Camp, 1998).

Η πραγματική κατανομή του αρδευτικού νερού στο έδαφος μπορεί να διαφέρει σημαντικά από τα αποτελέσματα των διαφόρων μοντέλων πρόβλεψης, εξαιτίας των αποκλίσεων των δεδομένων, χωρικά και χρονικά, με τα υδραυλικά και λοιπά χαρακτηριστικά του εδάφους (Or, 1996).

Σε καλλιέργεια αχλαδιών, στο Ισραήλ, προτείνεται η χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης αντί της επιφανειακής στάγδην, λόγω της συμβατότητας της μεθόδου με τις ιδιαιτερότητες του ριζικού συστήματος της καλλιέργειας, και του ίλυοαργιλοαμμώδες εδάφους της περιοχής: 51% ίλυς, 9% άργιλος, και 40% άμμος (Oron et al., 1999a). Στην ίδια μελέτη παρατηρήθηκε ότι η τοποθέτηση του υπόγειου δικτύου στα 0,3 m, σε οπωρώνα με αχλαδιές, έδωσε τις ικανοποιητικότερες τιμές εδαφικής υγρασίας πλησίον της ζώνης του ενεργού ριζοστρώματος (αρχική περιεκτικότητα εδαφικής υγρασίας: 24% κ.ο.).

Η μεγαλύτερη μεταβολή της υδραυλικής αγωγιμότητας του εδάφους με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης εμφανίζεται στην ζώνη των 20 cm κάτω από την επιφάνεια του εδάφους με μειώσεις της τάξης των 30 – 70% (Jnad et al. 1999).

Η προνομακή μεταφορά του νερού μέσω των μακροπόρων του εδάφους πιθανόν δεν εμφανίζεται χωρίς να προηγηθεί η λειτουργία ενός υπόγειου συστήματος άρδευσης, το οποίο επιταχύνει τη διαδικασία μεταφοράς, προσφέροντας ουσιαστικά διέξοδο στο εδαφικό νερό (Battam et al., 2002).

5.4.7 Συγκεντρώσεις αλάτων

Η καλλιέργεια σε εδάφη με υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων πρέπει να αποφεύγεται καθώς προκαλούνται διάφορα συμπτώματα στα φυτά, με μειώσεις στην ανάπτυξη και στη παραγωγικότητα, και απαραίτητος πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την αραίωση του εδαφικού διαλύματος, ειδικά όταν οι βροχοπτώσεις δεν είναι αρκετές, με επιπλέον αρδεύσεις κατά την περίοδο ληθάργου, χρησιμοποιώντας δευτερογενείς επιφανειακές μεθόδους (Hanson και Bendixen, 1993).

Μικρότερες συγκεντρώσεις αλάτων παρατηρήθηκαν στη ζώνη του ενεργού ριζοστρώματος καλλιεργειών τομάτας και αγγουριού, με τη χρήση της υπόγειας στάγδην σε αντίθεση με την επιφανειακή στάγδην άρδευση, σε ασβεστούχο έδαφος στην Αίγυπτο (El-Gindy και El-Araby, 1996).

Οι συχνές βροχοπτώσεις, στη Βιρτζίνια των Η.Π.Α., επαρκούν για να ανακουφίσουν τα σημαντικά προβλήματα που δημιουργούνται στις καλλιέργειες που αναπτύσσονται σε νατριούχα εδάφη, τα οποία αρδεύονται είτε με την υπόγεια στάγδην άρδευση (0,35 – 0,40 m βάθος τοποθέτησης σωλήνων εφαρμογής) είτε με εκτοξευτές επιφανειακά. Επίσης με την υπόγεια στάγδην άρδευση απαιτείται 30% και 65% λιγότερο αρδευτικό νερό για την καλλιέργεια καλαμποκιού και φιστικεώνα αντίστοιχα, σε σχέση με τις παραδοσιακές επιφανειακές μεθόδους (Adamsen, 1989 και 1992). Η βαθύτερη τοποθέτηση του υπόγειου αρδευτικού δικτύου, σε καλλιέργεια φιστικιάς, ευνοεί, σε σχέση με τις επιφανειακές μεθόδους, τόσο την πρόοδο ανοίγματος των καρπών όσο και το μέγεθος της ψίχας, λόγω και των υψηλών συγκεντρώσεων του αρδευτικού νερού σε Νάτριο (Adamsen, 1989).

Μικρής σημασίας ήταν η συσχέτιση, σε πειράματα τομάτας στη Καλιφόρνια των Η.Π.Α., μεταξύ της παραγωγικής διαδικασίας των φυτών και του επιπέδου αλατότητας με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης (Hanson και May, 2003). Συμπέραναν δε ότι σε αλατούχα εδάφη η χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης επιδρά λιγότερο αρνητικά στη παραγωγή τομάτας σε σχέση με οποιαδήποτε άλλο σύστημα άρδευσης. Οι παραγωγές του παραπάνω πειράματος ήταν από 12,9 έως και 22,6 Mg ha⁻¹ μεγαλύτερες με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε σχέση με την παραδοσιακή άρδευση με εκτοξευτήρες.

Ανάλογη έρευνα με τη χρήση αρδευτικού νερού με υψηλή αλατότητα (4,4 dS m⁻¹), σε δέντρα αχλαδιάς, απέδωσε υψηλότερα κατά 32 – 42% με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης. Όταν όμως το βάθος τοποθέτησης του υπόγειου δικτύου

αυξήθηκε στα 0,6 m η επιφανειακή στάγδην άρδευση έδωσε καλύτερα αποτελέσματα από την υπόγεια κατά 36 – 46% (Oron et al., 2002).

5.4.8 Χορήγηση λιπασμάτων

Η χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης στη χορήγηση φωσφόρου στα φυτά αυξάνει την αφομοίωση του βασικού αυτού στοιχείου από τα φυτά, επιταχύνει την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος και βελτιώνει τις αποδόσεις σε παραγωγές, τομάτας (Phene et al., 1990 ; Ayars et al., 1999), καλαμποκιού (Bar-Yosef et al., 1989 ; Martinez-Hernandez, et al., 1991), βαμβακιού (Aloni et al., 2000), και κολοκυθιού (Rubeiz et al., 1989). Με τη χορήγηση φωσφόρου υπογείως δεν επιτυγχάνεται μόνο η συγκέντρωση αυτού στο κέντρο της ριζόσφαιρας των περισσότερων καλλιεργειών, αλλά ταυτόχρονα δίνεται και η δυνατότητα, με τη διαδικασία της μαζικής ροής, το δυσκίνητο αυτό στοιχείο να απορροφηθεί από τις ρίζες των φυτών.

Αύξηση των αποδόσεων κατά 25%, σε καλλιέργεια τομάτας σε αργιλοπηλώδες έδαφος, παρατήρησαν οι Phene et al., το 1990, όταν η χορήγηση του φωσφόρου έγινε με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης, σε πρόγραμμα συμπλήρωσης των ημερησίων αναγκών σε νερό για κάθε 1 mm μείωσης της εδαφικής υγρασίας λόγω ETc (μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας με λυσίμετρα), σε σχέση με τη χορήγηση του φωσφόρου για κάθε 25 mm έλλειμμα (μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα μεταξύ των αρδεύσεων) με την επιφανειακή στάγδην άρδευση. Οι αποδόσεις σε καλλιέργεια τομάτας αυξήθηκαν, όπως και η αποδοτικότητα της άρδευσης, όταν, σε αργιλοπηλώδες έδαφος, ο φώσφορος και το κάλιο χορηγήθηκαν με την υπόγεια στάγδην άρδευση (συχνές και μειωμένες σε ποσότητα δόσεις άρδευσης), χωρίς την ταυτόχρονη αύξηση των ποσοτήτων σε αρδευτικό νερό (Phene et al., 1990).

Η απορρόφηση του στοιχείων και ιχνοστοιχείων γίνεται από βαθύτερα σημεία της εδαφικής κατατομής, όταν η χορήγηση του φωσφόρου γίνεται με την υπόγεια στάγδην άρδευση (καλύτερη ανάπτυξη της ρίζας) και ταυτόχρονα οι συγκεντρώσεις του υπολειμματικού φωσφόρου είναι σχετικά υψηλές στην έναρξη της καλλιεργητικής περιόδου σε σχέση με άλλες περιπτώσεις χορήγησης λιπασμάτων (Ayars et al., 1999).

Η χορήγηση φωσφόρου με την υπόγεια στάγδην άρδευση “οδήγησε” το κέντρο της ενεργούς ριζόσφαιρας του καλαμποκιού στα 0,3 m βάθος, αυξάνοντας ταυτόχρονα και την αγοραστική αξία του προϊόντος κατά 12%, σε αντίθεση με την χορήγηση του φωσφόρου με την επιφανειακή στάγδην άρδευση καθώς έτσι το κέντρο της ριζόσφαιρας της συγκεκριμένης καλλιέργειας περιορίστηκε στα 0,1 m (Martinez-Hernandez et al., 1991).

Αντίστοιχα ήταν και τα αποτελέσματα έρευνας που πραγματοποιήθηκε από τους Phene et al., το 1991, με το ενεργό ριζόστρομα φυτών καλαμποκιού που αρδεύτηκαν με σταγόνα επιφανειακά να εκτίνεται από τα 0 – 0,3 m βάθος και αντίστοιχα αυτών που αρδεύτηκαν υπογείως να ξεπερνά τα 0,3 m βάθος.

Παρατηρήθηκε επίσης αύξηση από 4 – 10% των παραγωγών του φυτού, όταν αυτό αρδεύτηκε υπογείως σε σχέση με την επιφανειακή στάγδην άρδευση, για ισόποσες δόσεις φωσφόρου που κυμάνθηκαν από 0,04 – 1,29 mol m⁻³ (Bar-Yosef et al., 1989).

Παρόλα αυτά οι Hanson et al., το 2003, δεν βρήκαν διαφορές στις αποδόσεις σε καλλιέργεια τομάτας με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης (τοποθέτηση υπόγειου δικτύου στα 0,2 m) χρησιμοποιώντας δύο προγράμματα άρδευσης, α) επαναλαμβανόμενες αρδεύσεις καθημερινά και β) επαναλαμβανόμενες αρδεύσεις εβδομαδιαίως, σε ιλυοαργιλώδες έδαφος στη Καλιφόρνια των Η.Π.Α. Η χορήγηση του φωσφόρου στο συγκεκριμένο πείραμα έγινε προφυτρωτικά ενώ η χορήγηση της αζωτούχας λίπανσης επαναλαμβανόταν σε εβδομαδιαία βάση. Επομένως η συχνότητα των αρδεύσεων και η γενικότερη μεθοδολογία δε συσχετίζεται μόνο με τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά αλλά και με τις εκάστοτε καλλιεργητικές τεχνικές.

Οι αποδόσεις σε καλλιέργεια καλαμποκιού, η απορρόφηση αζώτου, και η αποδοτικότητα της άρδευσης δεν επηρεάστηκαν από τον τρόπο χορήγησης της αζωτούχας λίπανσης (προφυτρωτικά επιφανειακά – μεταφυτρωτικά με υπόγεια άρδευση), σε ιλυοαργιλώδες έδαφος στο Κάνσας των Η.Π.Α. (Lamm et al., 2001), αλλά επηρεάστηκαν σαφώς από τη συνολική συγκέντρωση του αζώτου στο εδαφικό διάλυμα. Συγχρόνως το υπολειμματικό άζωτο, μετά τη συλλογή της καλλιέργειας, στα πειραματικά που η χορήγηση της αζωτούχας λίπανσης έγινε προφυτρωτικά, συγκεντρώθηκε στο κομμάτι της εδαφικής κατατομής από τα 0 – 0,3 m, ανεξάρτητα από το επίπεδο άρδευσης (75, 100, και 125% της ETc). Σε αντίθεση, με την υπόγεια στάγδην άρδευση και την χορήγηση των λιπασμάτων μεταφυτρωτικά, οι συγκεντρώσεις υπολειμματικού αζώτου αυξήθηκαν όσο μεγαλύτερα ήταν τα ποσά της χορηγούμενης αζωτούχας λίπανσης, ενώ παράλληλα μετακινήθηκαν σε βαθύτερα εδαφικά στρώματα ανάλογα με τη ποσότητα της χορηγούμενης δόσης άρδευσης. Τα αποτελέσματα αποδεικνύουν ότι η εφαρμογή της αζωτούχας λίπανσης με την υπόγεια στάγδην άρδευση σε βάθη από τα 40 – 45 cm συμβάλλουν διαφορετικά στις συγκεντρώσεις αζώτου εντός της εδαφικής κατατομής από την επιφανειακή χορήγηση των λιπασμάτων προφυτρωτικά.

Η καλύτερη μέθοδος για τη χορήγηση αζωτούχας λίπανσης με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης, σε καλλιέργεια καλαμποκιού σε βαθιά ιλυοαργιλώδη εδάφη, είναι μία ολοκληρωμένη διαχείριση του υπολειμματικού αζώτου, με τη μορφή αμμωνιακών και νιτρικών ιόντων, τα οποία και συνυπάρχουν στο εδαφικό διάλυμα, της παραγωγικότητας των φυτών, της δυνατότητας απορρόφησης από τη ρίζα των διαθέσιμων ποσοτήτων αζώτου, και της αποδοτικότητας της άρδευσης (Lamm et al., 2004). Μετά από τέσσερα συναπτά έτη πειραμάτων με διαφορετικά επίπεδα χορηγούμενης αζωτούχας λίπανσης (0, 90, 135, 180, 225 και 275 kg ha⁻¹), οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων στο εδαφικό διάλυμα αυξήθηκαν και μετακινήθηκαν βαθύτερα στην εδαφική κατατομή όταν η χορηγούμενη δόση αζωτούχου λιπάσματος ξεπερνούσε τα 180 kg ha⁻¹. Ειδικότερα δοσολογία της τάξης

των 225 και 270 kg ha⁻¹ είχε ως αποτέλεσμα οι συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων σε διάφορα βάθη της εδαφικής κατατομής να ξεπερνά τα 10 mg kg⁻¹, σε αντίθετα με τις μικρότερες δοσολογίες οι οποίες δεν προκαλούσαν συγκεντρώσεις νιτρικών μεγαλύτερες των 3 mg kg⁻¹. Επομένως ένα σύστημα ορθής διαχείρισης σε αυτή την περίπτωση, σύμφωνα με την παραπάνω μελέτη, θα ήταν εβδομαδιαία χορήγηση αζωτούχου λιπάσματος σε υδατοδιαλυτή μορφή που θα κυμαίνεται ετησίως στο επίπεδο των 180 kg ha⁻¹ και σε καμία περίπτωση δεν θα ξεπερνά τα 210 kg ha⁻¹, διατηρώντας τα αντίστοιχα επίπεδα άρδευσης, με τη χρήση της υπόγειας στάγδην, στο 75% της συνολικής πραγματικής εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας.

Σχεδιάστηκαν βέβαια κατά καιρούς διάφορα σενάρια συνδυασμού της υπόγειας στάγδην άρδευσης και της θρέψης των φυτών (κηπευτικές καλλιέργειες και οπωρώνες) ειδικότερα για τις Νοτιοδυτικές περιοχές των Η.Π.Α. Ανάμεσα στα φυτά που μελετήθηκαν ήταν το καρπούζι (Pier και Doerge, 1995), το κουνουπίδι, το μπρόκολο (Thompson et al., 2000 και 2002), το κόλιανδρο, το σπανάκι, το μαρούλι (Thompson και Doerge 1995 a και b, 1996), και η πορτοκαλιά (Thompson et al., 2001). Για την μεγιστοποίηση της παραγωγής σε όλες τις παραπάνω καλλιέργειες απαιτείται σωστή διαχείριση των δόσεων άρδευσης, χρησιμοποιώντας την υπόγεια στάγδην άρδευση, και των χορηγούμενων δόσεων αζωτούχας λίπανσης σε υδατοδιαλυτή μορφή.

Η διαθεσιμότητα των απαραίτητων για τη θρέψη των φυτών στοιχείων, η ευκινησία αυτών, και η πρόσληψη τους από τα φυτά αυξάνονται με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης, ειδικότερα όταν λαμβάνεται μέριμνα για την διατήρηση ικανοποιητικών τιμών εδαφικής υγρασίας στο κέντρο του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών (Bar-Yosef, 1999). Αντίστοιχα, εάν δεν λαμβάνεται μέριμνα για την διατήρηση ικανοποιητικών τιμών εδαφικής υγρασίας, η υπόγεια στάγδην άρδευση είναι τουλάχιστον αντισυμβατική.

5.4.9 Θέματα λειτουργικότητας της υπόγειας στάγδην άρδευσης

5.4.9.1 Παρείσφηση της ρίζας

Σε αρδευόμενες εκτάσεις με πολυετή φυτά η παρείσφηση της ρίζας είναι συχνό φαινόμενο ειδικότερα μεταξύ των περιόδων διακοπής της άρδευσης (χειμώνας – περίοδοι εκτεταμένων βροχοπτώσεων) - (Schwankl et al., 1993 ; Hanson et. al., 1997). Η παρείσφηση της ρίζας μπορεί να αποτελέσει το σοβαρότερο πρόβλημα στη λειτουργία της υπόγειας στάγδην άρδευσης.

Ειδικότερα, σοβαρά προβλήματα σε καλλιέργεια γρασιδιού με την παρείσφηση των ριζών στους σταλακτήρες της υπόγειας στάγδην άρδευσης παρατηρήθηκε από τους Suarez-Rey et. al. το 2000, σε λιγότερο από ένα μία χρονιά χρήσης του συστήματος. Επίσης σε καλλιέργεια τομάτας η επιφανειακή στάγδην άρδευση έδωσε καλύτερες παραγωγές από την υπόγεια στάγδην λόγω παρείσφησης της ρίζας στους σταλακτήρες του δικτύου (Tan et al., 2003).

Παρατηρήθηκε επίσης, σε πολλές μελέτες (Schwankl et al., 1993 ; Hanson et al., 1997 ; Burt και Styles, 1999 ; Van der Gulik, 1999), ότι η παρείσφιση της ρίζας ήταν πιο έντονη σε ξηρά κλίματα, λόγω της μεγαλύτερης ανάγκης των φυτών σε νερό. Συχνά με την υπόγεια στάγδην άρδευση δημιουργείται μία μικρή ζώνη αποτροπής παρείσφισης της ρίζας περιμετρικά των σταλακτήρων, με το σέλινο, μεταξύ των καλλιεργειών που μελετήθηκαν, να αποτελεί εξαίρεση (Schwankl et al., 1993 ; Hanson et al., 1997). Οι Coelho και Faria, σε πειράματα τους που ολοκληρώθηκαν το 2003, συμπέραναν ότι η ανάπτυξη της ρίζας περιμετρικά της ζώνης των σταλακτήρων και η παρείσφιση ως φαινόμενο είναι ουσιαστικά αποτελέσματα τυχαίας επιλογής.



Φωτογραφία 5.2: Συμπύεση πλαστικού σωλήνα υπόγεια στάγδην άρδευσης από ρίζες ροδακινιάς στην Καλιφόρνια των Η.Π.Α. Φωτογραφία T. Trout, USDA-ARS - Καλιφόρνια.

Το 1993 χρησιμοποιείται για πρώτη φορά το Trifluralin-5 στη υπόγεια στάγδην άρδευση ως ριζοαπωθητικό. Κατασκευάζεται από την εταιρεία Geoflow και χρησιμοποιείται με το εμπορικό όνομα RootGuard. Η ενσωμάτωση του ζιζανιοκτόνου Teflan στο σύστημα της υπόγεια στάγδην άρδευσης και η αργή αποδέσμευση του οδηγεί στην μείωση παρείσφισης της ρίζας παράπλευρα και εντός των σταλακτήρων (emitters). Η κατασκευάστρια εταιρεία εγγυάται μάλιστα μία δεκαετή έως και εικοσαετή άριστη λειτουργία του συστήματος ανάλογα με τον τρόπο εγκατάστασης και συντήρησης του.

Το Teflan είναι μη τοξικό, δεν βλάπτει την υγεία των ανθρώπων, δεν είναι διαλυτό στο νερό, είναι μη συστηματικό, ακινητοποιείται και δεν διηθείται με το νερό

της άρδευσης ή της βροχής και διαλύεται μόνο στο πολυμερές σώμα των σταλακτήρων. Το ζιζανιοκτόνο Trifluralin λειτουργεί βέβαια ως ανασταλτικό της ανάπτυξης του κυττάρου όσο οι άκρες της ρίζας αναπτύσσονται, αλλά δεν καταστρέφει τη καλλιέργεια όταν χρησιμοποιείται στις σωστές αναλογίες (Zoldoske, 1999), γεγονός που πέρα από την προστασία παρείσφησης της ρίζας εγείρει και περιβαλλοντικά θέματα.

Οι Solomon και Jorgensen από το 1989 έως και το 1993 πειραματίζονται με το Trifluralin σε καλλιέργεια γκαζόν στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας. Αναφέρουν χαρακτηριστικά ότι το προϊόν αντιδρά ικανοποιητικά στην αποκαλούμενη "παρείσφηση της ρίζας", ενώ ταυτόχρονα η ομοιομορφία της άρδευσης κυμαίνεται σε ποσοστά από 70-97%.

Οι Ruskin και Ferguson, το 1998, ανέλυσαν τους τρόπους χορήγησης του παραπάνω ριζοαπωθητικού, είτε απευθείας με την τοποθέτηση ειδικού φίλτρου στην κεφαλή του δικτύου, είτε ενσωματώνοντας το στους σταλακτήρες εφαρμογής.



Φωτογραφία 5.3: Παρείσφηση ρίζας από φυτά καφέ σε σταλακτήρες υπόγειας στάγδην άρδευσης. Φωτογραφία Rubens Duarte Coelho, Πανεπιστήμιο του Sao Paulo - Βραζιλία.

Παρατηρήθηκε σε μερικά φυτά όπως το σέλινο, τη γλυκοπατάτα και το σπαράγγι, όταν υπάρχει έλλειψη σε αρδευτικό νερό, αύξηση της παρείσφησης της ρίζας στους σταλακτήρες της υπόγειας στάγδην άρδευσης (Burt και Styles, 1999).

Προσφάτως (2008) η Ευρωπαϊκή Ένωση απαγόρευσε την χρήση του Teflan στους σταλακτήρες της υπόγειας στάγδην άρδευσης, διότι θεωρείται, άγνωστο εάν είναι και αποδεδειγμένο επιστημονικώς ή όχι, καρκινογόνο για τους έμβιους οργανισμούς του εδάφους.

5.4.9.2 Υποπίεσεις - αναρροφήσεις δικτύου

Παρατηρήθηκε ότι σε εδάφη που δεν έχουν την δυνατότητα αναδιανομής (μετακίνησης - διήθησης) του νερού άρδευσης ένα σύστημα υπόγειας στάγδην άρδευσης θα ήταν αναποτελεσματικό λόγω της εμφάνισης υποπίεσεων πλησίον των σταλακτήρων.

Μείωση των παροχών κατά 9,5 17,5 και 29,6%, σε σχέση με τις αρχικές εργαστηριακές μετρήσεις, παρατηρήθηκε σε σταλακτήρες παροχής 1, 2 και 4 l h⁻¹, σε αγριλοπηλώδη εδάφη στο Ισραήλ (Warrick και Shani, 1996). Τα αποτελέσματα αυτά συνεπάγονται τιμές 95, 91, και 85, αντίστοιχα, του κριτηρίου Christiansen (UC) για τη μεθοδολογία της υπόγειας στάγδην άρδευσης. Όταν η παροχή των σταλακτήρων αυξηθεί υπερβολικά ή μειωθεί η υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους, αυξάνεται αντίστοιχα και η πίεση λειτουργίας μπροστά από τους σταλακτήρες, λειτουργώντας εν τέλει ως ανασταλτικός παράγοντας της άρδευσης. Επομένως πριν την εγκατάσταση του υπόγειου συστήματος άρδευσης καλό θα ήταν να ελέγχονται τόσο η πίεση λειτουργίας του συστήματος καθώς επίσης και τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του εδάφους.

Η θεωρία της υποπίεσης (δημιουργία υψηλών τιμών εδαφικής υγρασίας πλησίον των σταλακτήρων), λόγω υψηλών πιέσεων λειτουργίας και των υδραυλικών χαρακτηριστικών του εδάφους, αναπτύχθηκε από τους Shani et al., το 1996, σημειώνοντας μείωση των παροχών, στην αρχική τουλάχιστον μελέτη, έως και 50%.

Η μοντελοποίηση του φαινομένου, για την υπόγεια στάγδην άρδευση, ολοκληρώθηκε από τους Lazarovitch et al., το 2005. Η αύξηση της υγρασίας περιμετρικά των σταλακτήρων, στην υπόγεια στάγδην άρδευση, σε συνάρτηση με τα χαρακτηριστικά του εδάφους, οδηγεί, σύμφωνα με τη μελέτη, σε άνοδο του νερού προς την επιφάνεια του εδάφους, δημιουργεί προβλήματα στην υφή του εδάφους (επιφανειακή κρούστα), χωρίς όμως να ζημιώνονται τα εξαρτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης. Τέλος, σε έρευνα που διεξήχθη προκειμένου να προσδιοριστεί η επίδραση του εδαφικού τύπου και των υποπίεσεων στην έμφραξη λόγω εισρόφησης των σταλακτήρων που χρησιμοποιούνται στο δίκτυο της υπόγειας στάγδην άρδευσης, σαφώς υψηλότερα ήταν τα επίπεδα έμφραξης στο αμμοπηλώδες και στο πηλοαμμώδες έδαφος, έναντι των υπολοίπων εδαφών και μάλιστα η έμφραξη αυτή αυξάνονταν με την ταυτόχρονη αύξηση των υποπίεσεων (Bύρλας και συνεργάτες, 2003).

5.4.9.3 Διάρκεια ζωής

Οι Schwankl et al., το 2000, αναφέρουν ότι τα περισσότερα συστήματα επιφανειακής στάγδην άρδευσης έχουν χρόνο ζωής από 15 έως 20 χρόνια.

Λιγότερες είναι βέβαια οι πληροφορίες για το χρόνο ζωής των υπόγειων στάγδην συστημάτων παρόλα αυτά ένα σύστημα που ξεκίνησε να χρησιμοποιείται

από το Kansas State University (Northwest Research-Extension Center), το 1989, εξακολουθεί να λειτουργεί μετά από 21 χρόνια χρήσης.

Στις Sundance Farms της Αριζόνας λειτουργούσε τουλάχιστον έως και το 2005 ένα σύστημα υπόγειας στάγδην άρδευσης που αρχικά είχε τοποθετηθεί το 1983 αρδεύοντας βαμβάκι (Wuertz, 2005), με εκτιμώμενη μείωση παροχών από 25-30% (αγρόκτημα 75 ha) αλλά και ταυτόχρονη αύξηση, στο πέρασμα των ετών, της παραγωγής και της εξοικονόμησης σε αρδευτικό νερό από 30-40% σε σχέση με την αρχική μεθοδολογία άρδευσης με αυλάκια.

Ένα παλαιό σύστημα υπόγειας στάγδην άρδευσης που τοποθετήθηκε το 1984 κοντά στο Fort Collins του Κολοράντο λειτουργούσε τουλάχιστον μέχρι το 2006 (Larson και Thompson, 2003), ποτίζοντας χορτολιβαδική έκταση εμφανίζοντας μία μικρή μόνο μείωση στην διαθέσιμη παροχή λόγω εμφράξεων στο υπόγειο δίκτυο από παρεισφρήσεις ριζών, σύμφωνα με τους καλλιεργητές της περιοχής.

5.4.9.4 Επιδράσεις χλωρίδας και πανίδας και παθογόνων μικροοργανισμών

5.4.9.4.1 Ανάπτυξη ζιζανίων

Υπάρχει προφανής αδυναμία φυτρώματος και ανάπτυξης των ζιζανίων με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης, σε σχέση με τις άλλες μεθόδους άρδευσης, ειδικότερα σε ξηρά και ελαφρώς ξηρά κλιματικά περιβάλλοντα. Επίσης λογική είναι και η αδυναμία μεταφορά σπόρων ζιζανίων χρησιμοποιώντας την υπόγεια στάγδην άρδευση.

Μείωση της ανάπτυξης ζιζανίων, με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης, παρατηρήθηκε σε καλλιέργειες, αμυγδαλιάς (Edstrom και Schwankl, 1998a και b), βαμβακιού (Henggeller, 1995 ; Khalilian, et al., 2000), καλαμποκιού (Lamm και Trooien, 2005b), και τομάτας (Grattan et al., 1988 ; Grattan et al., 1990).

Η σπατάλη διαθέσιμων ποσοτήτων αζώτου από το έδαφος, λόγω της ανάπτυξης ζιζανίων, μειώθηκαν με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης (βάθος τοποθέτησης δικτύου 0,3 m) κατά 28% σε σχέση με την εφαρμογή της επιφανειακής στάγδην άρδευσης, σε καλλιέργεια καλαμποκιού στο Ισραήλ (Bar-Yosef et al., 1989).

Επίσης αυξήθηκε κατά 34% η ομοιομορφία παραγωγής σε τομάτα με κανονικό χρώμα – κόκκινο – χρησιμοποιώντας την υπόγεια στάγδην άρδευση, χωρίς την εφαρμογή ζιζανιοκτόνων, σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους άρδευσης (εκτοξευτές – αυλάκια) (Grattan et al., 1988 ; Grattan et al., 1990).

5.4.9.4.2 Επιδράσεις πανίδας

Η περιοδική άρδευση των εδαφών ακόμη και σε περιόδους λήθαργου των καλλιεργειών βοηθά σημαντικά στη μείωση των ζημιών από τα τρωκτικά.

Οι Steele et al., το 1996, αναφέρουν σημαντικές ζημιές σε υπόγειο στάγδην δίκτυο, που είχε τοποθετηθεί στα 28 cm βάθος, σε αμμοπηλώδες έδαφος στην Βόρεια

Ντακότα από τρωκτικά. Όταν τα τρωκτικά εντοπίζουν έναν αγωγό υπόγειας στάγδην άρδευσης συνηθίζουν να τον ακολουθούν για αρκετά μέτρα και εν συνεχεία ανοίγουν τρύπες σε αυτόν.

Η τοποθέτηση του δικτύου σε βάθος μεγαλύτερο των 45 cm μειώνει τις ζημιές από τα τρωκτικά (Van der Gulik, 1999). Έχει παρατηρηθεί βεβαίως ότι τα περισσότερα από τα επικίνδυνα για καταστροφές ζώα της υπόγειας πανίδας, στις Η.Π.Α., έχουν ως ζώνη δράσης ένα βάθος μικρότερο των 45 cm. Παρατηρήθηκε επίσης ότι όσο πιο σκληρή είναι η κατασκευή των πλαστικών σωλήνων της υπόγειας στάγδην άρδευσης τόσο μικρότερης έκτασης είναι οι ζημιές που προκαλούνται από τα τρωκτικά (Ayars et al., 1999).

Επίσης παρατηρήθηκε (Bryson, 1929) ότι η δραστηριότητα κάθε είδος κάμπιας ή σκουληκιού του εδάφους δεν ξεπερνά τα 20 – 35 cm βάθος. Επομένως τοποθέτηση των πλαστικών σωλήνων σε βάθος κάτω από τα 35 cm προστατεύει από τις ζημιές που μπορούν να προκληθούν.

Τέλος, αναφέρθηκαν προβλήματα από την δραστηριότητα των μυρμηγκιών σε βάθη από 8 – 13 cm στην Χαβάη των Η.Π.Α. (Chase, 1985).

5.4.9.4.3 Ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών

Η υπόγεια στάγδην άρδευση διαθέτει δύο μοναδικά χαρακτηριστικά σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη μέθοδο άρδευσης. Πρώτον αποτρέπει την ανάπτυξη παθογόνων οργανισμών και μικροοργανισμών που μολύνουν τα φυτά, και δεύτερον επιτρέπει τη φυσική αποσύνθεση των οργανικών υπολειμμάτων που προέρχονται από την άρδευση των καλλιεργειών με νερό βιολογικών καθαρισμών.

Η επίδραση των μικροοργανισμών, που μπορεί να αναπτυχθούν από την άρδευση με νερά βιολογικού καθαρισμού, εξαρτάται από, το βάθος τοποθέτησης των σωλήνων εφαρμογής της υπόγειας στάγδην άρδευσης, τη φυσιολογία του φυτού, τη δυναμικότητα της ρίζας, και από την μεθοδολογία άρδευσης που χρησιμοποιείται (Oron et al., 1999b).

Οι κυριότεροι παράμετροι που ελέγχουν τη διαδικασία της φυσικής αποσύνθεσης είναι το υδραυλικό και το οργανικό φορτίο του εδάφους. Οποιαδήποτε ανισορροπία στις δύο αυτές παραμέτρους προκαλεί σημαντικά προβλήματα όπως, μεγάλη επιφανειακή απορροή, μολύνσεις στα φυτά, κακός αερισμός, αδρανοποίηση παθογόνων μικροοργανισμών, και μολύνσεις του υπόγειου νερού.

Η περιεκτικότητα σε εδαφική υγρασία είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας επιβίωσης των παθογόνων μικροοργανισμών (Oron et al., 2001). Οι Van Ginneken και Oron, το 2000, δημιούργησαν ένα μοντέλο προσδιορισμού του ανθρώπινου ρίσκου για πιθανή μόλυνση από την κατανάλωση προϊόντων που αρδεύτηκαν με νερό πρωτογενούς βιολογικής επεξεργασίας, συμπεριλαμβανομένου, του συστήματος άρδευσης, και του χρόνου μεταξύ της εφαρμογής και της αντίδρασης του φυτού στην άρδευση. Το συγκεκριμένο μοντέλο καθιστά σαφές ότι η

αλληλοεπίδραση όλων των παραγόντων ενέχει σοβαρό κίνδυνο μόλυνσης. Το ετήσιο ρίσκο μόλυνσης με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης είναι μειωμένο κατά μία τάξη σημαντικότητας σε σχέση με τη χρήση της επιφανειακής στάγδην άρδευσης και μειωμένο κατά πέντε τάξεις σημαντικότητας σε σχέση με τη χρήση της επιφανειακής άρδευσης με εκτοξευτές, για το ίδιο αρχικό δείγμα μέτρησης.

Χρησιμοποιώντας επομένως την υπόγεια στάγδην άρδευση μειώνονται οι αρνητικές επιδράσεις από την άρδευση με νερά πρωτογενούς βιολογικής επεξεργασίας και αυξάνεται ο διαθέσιμος χρόνος μεταξύ της άρδευσης και της τελικής συλλογής των προϊόντων, βελτιώνοντας παράλληλα τους παραμέτρους της διατροφική ασφάλεια.

5.4.9.5 Εξοικονόμηση νερού και ενέργειας

Σε παλαιότερες μελέτες σε καλλιέργειες κολοκυθιών και πορτοκαλιών, οι Davis και Pugh (1974), συμπέραναν ότι η αύξηση σε αποδόσεις που παρατηρήθηκαν με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε σχέση με άλλες μεθόδους άρδευσης (επιφανειακή στάγδην, επιφανειακοί εκτοξευτές, αυλάκια), αποδίδεται στην ακριβή ικανοποίηση των αναγκών των φυτών σε νερό (υδατοκατανάλωση).

Καμία διαφοροποίηση δεν παρατηρήθηκε σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν από τους Wendt et al., το 1977, σε καλλιέργεια καλαμποκιού, τόσο σε παραγωγές όσο και σε συνολικές απώλειες λόγω εξατμισοδιαπνοής, χρησιμοποιώντας διαφορετικά συστήματα άρδευσης (αυλάκια, εκτοξευτές, αυτοματοποιημένη υπόγεια στάγδην), αν και χάρη στην αυτοματοποιημένη υπόγεια στάγδην άρδευση χορηγήθηκαν κατά 50% λιγότερες ποσότητες σε αρδευτικό νερό, παρότι οι συνολικές ετήσιες εφαρμογές με την υπόγεια στάγδην ήταν συνολικά 25 στον αριθμό ενώ με τις άλλες μεθόδους κυμάνθηκαν από 3 έως 5 αναλόγως.

Η αγοραστική αξία της παραχθείσας τομάτας ήταν αντίστοιχα κατά 22% και 55% μεγαλύτερη με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε σχέση με τις μεθόδους των αυλακιών και της κατάκλισης (Bogle et al., 1989).

Σε σχετική έρευνα (Phene et al., 1992) τα περισσότερα συστήματα υπόγειας στάγδην άρδευσης έχουν αποδώσει απολύτως ικανοποιητικά για 8-11 χρόνια με μικρές ενδείξεις υποβάθμισης. Αναφέρεται επίσης, στη παραπάνω έρευνα, ότι οι απαιτήσεις σε αρδευτικό νερό μειώθηκαν έως και 40% έναντι των υπολοίπων οκτώ παραδοσιακών μεθόδων άρδευσης, διατηρώντας ταυτόχρονα, η υπόγεια στάγδην άρδευση, τις υψηλότερες τιμές σε αποδοτικότητα της άρδευσης (W.U.E.).

Την ίδια χρονιά (1992), οι Hutmacher et al. επιτυγχάνουν μεγάλη μείωση στο συνολικό κόστος άρδευσης και υλικών με την εφαρμογή της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε χορτόλιβαδικές καλλιέργειες. Ταυτόχρονα επιτυγχάνεται σημαντική μείωση σε επιφανειακή εξάτμιση, καθώς το έδαφος παραμένει ξηρό μετά από τη κάθε εφαρμογή.

Επίσης την ίδια χρονιά (1992), σε πείραμα τους σε γυμνό έδαφος, οι Phene et al. διαπίστωσαν απώλεια αρδευτικού νερού λόγω εξάτμισης στην υπόγεια στάγδην άρδευση σε ποσοστό μόνο 6% επί του συνόλου των εισροών, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες μεθόδους όπου το ποσοστό απωλειών (λόγω εξάτμισης) κυμάνθηκε από 12 έως 24%.

Σε έρευνα που πραγματοποίησε στη Χαβάη των Η.Π.Α. το 1994 ο καθηγητής I Pai Wu αναφέρει ότι η κατανάλωση ενέργειας της αντλίας για τη παροχή νερού στην υπόγεια στάγδην άρδευση, για την αντίστοιχη αρδευόμενη επιφάνεια, ήταν μειωμένη ποσοστιαία από 30 - 90% σε σχέση με την αντίστοιχη ενέργεια που απαιτείται για άρδευση με τεχνητή βροχή (εκτοξευτές).

Η σωστή τοποθέτηση, διαχείριση και λειτουργία ενός συστήματος υπόγεια στάγδην άρδευσης μπορεί να μειώσει τις αρδευτικές ανάγκες, επομένως και το κόστος άρδευσης, σε καλλιέργεια καλαμποκιού κατά 25%, αποδίδοντας επιπλέον 12,5 Mg ha⁻¹ σε χλωρή βιομάζα (Lamm et. al., 1995). Η μείωση αυτή φυσικά οφείλεται στην εξάλειψη των επιφανειακών απορροών, στην ελαχιστοποίηση της επιφανειακής εξάτμισης, και στη μείωση της βαθιάς διήθησης. Παράλληλα, όταν η επιφάνεια του εδάφους είναι ξηρότερη, η διήθηση του νερού της βροχής πραγματοποιείται απρόσκοπτα, επιδρώντας ευεργετικά στο σύνολο της εδαφικής κατατομής.

Οι O'Brien et al., το 1998, υπολόγισαν το κόστος άρδευσης διαφορετικών αγροτεμαχίων στις Η.Π.Α. συγκρίνοντας τα συστήματα άρδευσης center pivot sprinkler (γραμμικοί εκτοξευτές μεγάλης πίεσης λειτουργίας) και υπόγεια στάγδην. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η υπόγεια στάγδην άρδευση είναι οικονομικότερη εάν η απόσταση τοποθέτησης μεταξύ των αγωγών εφαρμογής αυξηθεί και μειωθούν παράλληλα οι τιμές αγοράς τους (βλ. πίνακα 5.4).

Σε καλλιέργεια πατάτας η οποία μελετήθηκε για τρία συναπτά έτη, χρησιμοποιώντας παραδοσιακές μεθόδους άρδευσης και FES με υπόγειους αγωγούς άρδευσης (Smajstrla et al., 2000), δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στις παραγωγές, αντίθετα με το σύστημα FES επιτεύχθηκε εξοικονόμηση νερού σε ποσοστό έως και 36%.

Οι Zimmerman και Alam (2000) σε καλλιέργεια κολοκύνθης kabochoa στο Κολοράντο των Η.Π.Α. δεν βρήκαν σημαντικές διαφορές στις παραγωγές της καλλιέργειας μεταξύ των μεταχειρίσεων της άρδευσης με σταγόνα υπόγεια χωρίς πλαστική προστασία και της άρδευσης με αυλάκια και πλαστική προστασία ανεξαρτήτου χρώματος. Σημαντική πάντως διαφοροποίηση παρατηρήθηκε στην κατανάλωση αρδευτικού νερού, καθώς επιτεύχθηκε μείωση έως και 87% έναντι της παραδοσιακής μεθόδου των αυλακιών (furrow).

Πίνακας 5.4: Κόστος άρδευσης συγκρίνοντας την υπόγεια στάγδην άρδευση με τη μέθοδο Center pivot sprinkler (O'Brien et al., 1998).

Έκταση αγροτεμαχίων (ha)	Center pivot sprinkler			Υπόγεια στάγδην άρδευση		
	Άρδευόμενη έκταση (ha)	Συνολικό κόστος (ανά αγροτεμάχιο)	Κόστος ανά μονάδα έκτασης (\$ ha ⁻¹)	Άρδευόμενη έκταση (ha)	Συνολικό κόστος (ανά αγροτεμάχιο)	Κόστος ανά μονάδα έκτασης (\$ ha ⁻¹)
65,0	50,60	40,78	806,00	64,80	86,21	1.331,00
52,0	40,50	37,95	938,00	51,40	72,26	1.406,00
39,0	30,40	34,53	1.138,00	38,50	54,39	1.415,00
26,0	20,20	29,91	1.478,00	25,90	34,84	1.345,00
13,0	10,10	24,46	2.417,00	13,00	21,25	1.641,00

Το 2001 σε σχετικό του άρθρο σε περιοδικό ο Blake Sanden (εκπρόσωπος εταιρείας πώλησης συστημάτων άρδευσης) δηλώνει ότι το κόστος τοποθέτησης ενός συστήματος υπόγεια στάγδην άρδευσης για τη καλλιέργεια καλαμποκιού δεν ξεπερνά τα \$21,5 ανά στρέμμα. Αναφέρει δε ότι τη θεωρεί ως την οικονομικότερη λύση σε εκτάσεις που καλλιεργούνται με καλαμπόκι και δεν ξεπερνούν τα 80 στρέμματα.

Το 2002 η κυβέρνηση της Ινδίας είχε εξαγγείλει την επιδότηση σε ποσοστό έως και 50% επί του συνολικού κόστους αγοράς και εγκατάστασης των υλικών της υπόγεια στάγδην άρδευσης, σε όλους τους αγρότες οι οποίοι επιθυμούν να υιοθετήσουν το νέο αυτό σύστημα αντικαθιστώντας πλήρως τις παλαιότερες πρακτικές.

Υψηλότερες παραγωγές σε καλλιέργεια βαμβακιού επιτεύχθηκε με τη χρήση της υπόγεια στάγδην άρδευσης σε σχέση με την επιφανειακή άρδευση με εκτοξευτές, υπό το καθεστώς μειωμένων εισροών σε αρδευτικό νερό (limited irrigation), ενώ δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μεθόδων άρδευσης όταν η καλλιέργεια αρδεύτηκε σύμφωνα με της απαιτήσεις σε ημερήσια εξατμισοδιαπνοή (full irrigation), στο Τέξας των Η.Π.Α. (Bordovsky και Porter, 2003).

Σε καλλιέργεια ιώδους σόργου, στο Τέξας των Η.Π.Α., παρατηρήθηκε διαφοροποίηση στην παραγωγή, σε συνθήκες μειωμένων εισροών σε νερό (< 50% ETm), υπέρ της υπόγεια στάγδην άρδευσης σε σχέση με την επιφανειακή άρδευση με εκτοξευτές, ενώ αντίθετα υψηλότερες παραγωγές απέδωσε η καλλιέργεια με την παραδοσιακή μέθοδο, όταν αρδεύτηκε σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες σε εξατμισοδιαπνοή (100% ETm) (Colaizzi et al., 2004). Η γενική παραδοχή των αυξημένων παραγωγών που παρατηρούνται σε προγράμματα πλήρους άρδευσης με

τη χρήση της μεθόδου της τεχνητής βροχής οφείλεται, είτε στην αυξημένη βαθιά διήθηση του νερού, που συμπαρασύρει μεγάλο ποσοστό των θρεπτικών στοιχείων βαθύτερα στο έδαφος, είτε στη μειωμένη ανάπτυξη της φυλλικής επιφάνειας, που παρατηρείται στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης των καλλιεργειών, με την υπόγεια στάγδην άρδευση.

Σε έρευνα που διεξήχθη τον Φεβρουάριο του 2003 (USDA-ARS Conservation and Production Research Laboratory), σε καλλιέργεια ινώδους σόργου, σε αργιλοπηλώδες έδαφος, με τη χρήση τριών διαφορετικών μεθόδων άρδευσης, της υπόγεια στάγδην άρδευσης, της χαμηλής ενέργειας άρδευσης ακριβείας με καταιονισμό (LEPA) και της άρδευσης με μικρούς ψεκαστήρες (LESA – 1ft και MESA – 5 ft πάνω από την επιφάνεια του εδάφους) κοινώς pop-up, παρατηρήθηκαν τα παρακάτω: πρώτον η αποδοτικότητα του νερού εφαρμογής στην υπόγεια στάγδην άρδευση έφτασε στο 100% και ακολούθησαν η LEPA σε ποσοστά από 95-98% και των αρδεύσεων με ψεκασμό σε ποσοστό 90%, και δεύτερον για μειωμένες εφαρμογές (water limited) έως και 70% του συνόλου της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής με την υπόγεια στάγδην άρδευση επιτευχθήκαν οι υψηλότερες αποδόσεις σε χλωρή βιομάζα. Το συμπέρασμα που βγαίνει από τα παραπάνω είναι ότι με την υπόγεια στάγδην άρδευση επιτυγχάνεται καλύτερη διάθεση του αρδευτικού νερού και υψηλότερη παραγωγικότητα με την μικρότερη δυνατή κατανάλωση.

5.4.10 Πλεονεκτήματα της υπόγεια στάγδην άρδευσης σε σχέση με την διαχείριση του νερού και την συμπεριφορά του εδάφους

- ✓ Μεγαλύτερη αποδοτικότητα της άρδευσης – η επιφανειακή εξάτμιση και η βαθιά διήθηση εξαλείφονται ή τουλάχιστον μειώνονται. Αυξάνεται από την άλλη η δυνατότητα, από το έδαφος, της απορρόφησης και αποθήκευσης του νερού της βροχής, ειδικότερα σε ξηρά κλίματα, με την ταυτόχρονη μείωση της εμφάνισης επιφανειακής κρούστας. Παρατηρήθηκε σε πολλές μελέτες μείωση των απωλειών λόγω εξάτμισης (5 – 10% στην υπόγεια άρδευση, από 25% στην επιφανειακή στάγδην άρδευση και από 40 – 45% στις παραδοσιακές επιφανειακές μεθόδους) και της βαθιάς διήθησης ειδικότερα σε ελαφρύς σύστασης εδάφη (εντοπισμένη άρδευση).
- ✓ Μείωση της επιφανειακής απορροής και της συγκέντρωσης χημικών στην επιφάνεια του εδάφους με παράλληλη αύξηση της διάθεσης των λιπασμάτων στα φυτά. Είναι γενικά αποδεκτό ότι με την υπόγεια στάγδην άρδευση επιτυγχάνεται καλύτερη μεταφορά των υδατοδιαλυτών λιπασμάτων στη ζώνη του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών και παράλληλα αυξάνεται η πρόσληψη των δυσκίνητων στοιχείων όπως ο φώσφορος και το κάλιο, με τις διαδικασίες της μαζικής ροής και της διάχυσης, και των απαραίτητων για τα φυτά ιχνοστοιχείων (Solomon, 1993). Η ελαχιστοποίηση της βαθιάς διήθησης και απορροής δίνει τη δυνατότητα μείωσης των εισροών σε χημικές ουσίες με τη χρήση της υπόγεια στάγδην άρδευσης (Phene et al., 1993 ; Ayars et al., 1999).

- ✓ Σημαντική ωφέλεια και από την χρήση υποβαθμισμένων υδάτων. Μικρότερες δόσεις αλλά μεγαλύτερης συχνότητας αρδεύσεις μειώνουν τις συγκεντρώσεις αλάτων στο εδαφικό διάλυμα, καθώς είναι δυνατή η χρήση αρδευτικού νερού με αυξημένη αλατότητα με παράλληλη μείωση της συγκέντρωσης των αλάτων στην επιφάνεια του εδάφους έως και το βάθος του ενεργού ριζοστρώματος (Devitt και Miller, 1988).
- ✓ Η υπόγεια στάγδην άρδευση με απόβλητο ύδωρ μειώνει την άμεση επαφή των ανθρώπων και των ζώων με τους παθογόνους οργανισμούς. Μέχρι και σήμερα θεωρείται η πλέον αποδεκτή επιστημονικά, κοινωνικόπολιτικόοικονομικά και ψυχολογικά μέθοδος διάθεσης των υγρών αστικών αποβλήτων για γεωργική χρήση παράλληλα με τη σημαντική μείωση των οσμών χωρίς την ανάγκη τριτογενούς επεξεργασίας. Ανάλογα είναι και τα συμπεράσματα των Πανώρα και Ηλία στο βιβλίο τους “Άρδευση με επεξεργασμένα αστικά απόβλητα” (1999). Μάλιστα θεωρούν ότι ένας συνδυασμός ενεργειών όπως η έκχυση χλωρίου στο σύστημα άρδευσης με την ταυτόχρονη χρήση χαλκικόφιλτρων, φίλτρων σίτας και Teflon ως ριζοαπωθητικού, μειώνει σημαντικά την ανάπτυξη βακτηρίων, φυκιών, τις συγκεντρώσεις ασβεστίου και της γνωστής “παρείσφρησης της ρίζας” στο δίκτυο της υπόγειας στάγδην άρδευσης.
- ✓ Ομοιομορφία στην άρδευση, στην διαχείριση του νερού, των λιπασμάτων και των αλάτων. Ειδικά σε περιπτώσεις εκτεταμένης φύτευσης οι καλλιέργειες αποδίδουν καλύτερα καθώς η άρδευση είναι πλήρως εντοπισμένη.
- ✓ Μείωση της εδαφολογικής διάβρωσης ειδικότερα σε επικλινή εδάφη.

5.4.11 Πλεονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε σχέση με τις καλλιεργητικές τεχνικές

- ✓ Μεγιστοποίηση αναπτυξιακής διαδικασίας των καλλιεργειών, αύξηση της παραγωγικότητας και της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων (βλ. παραπάνω – πειράματα σε καλλιέργειες).
- ✓ Βελτίωση της υγείας των καλλιεργειών – τα προβλήματα με τις παθογένειες που αναπτύσσονται κατά την άρδευση μειώνονται διατηρώντας σε χαμηλές τιμές εδαφικής υγρασίας την επιφάνεια του εδάφους και τη ζώνη ανάπτυξης των ζιζανίων. Εξάλειψη της ανάπτυξης ζιζανίων (διατηρείται στεγνή η εδαφική επιφάνεια), των ασθeneιών και του σαπίσματος της ρίζας σε συνδυασμό με τον καλύτερο αερισμό, την αποφυγή σχηματισμού επιφανειακής “κρούστας” και την επιτυχέστερη διήθηση του νερού της βροχής (Phene et al, 1983).
- ✓ Επιτυχέστερη χορήγηση λιπασμάτων χρονικά και χωρικά (βλ παραπάνω – χορήγηση λιπασμάτων).
- ✓ Ευκολία χρήσης της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε αγροκτήματα εναλλαγής καλλιεργειών (εαρινές – χειμερινές καλλιέργειες). Η διατήρηση των αγωγών εφαρμογής της υπόγειας στάγδην άρδευσης από τη σπορά έως και την

ολοκλήρωση όλων των εργασιών στο χωράφι, αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα οικονομικά πλεονεκτήματα της καλλιέργειας.

- ✓ Δυνατότητα εργασιών σε ολόκληρη την αρδευόμενη επιφάνεια ακόμη και όταν αυτή αρδεύεται.

5.4.12 Πλεονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε σχέση με τη λειτουργία του συστήματος

- ✓ Ο αυτοματισμός της άρδευσης βελτιώνει την ομοιομορφία της άρδευσης και της χορήγησης των λιπασμάτων στο έδαφος. Ο πλήρης αυτοματισμός της άρδευσης βάση των ημερήσιων αναγκών σε εξαμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (Sakellariou, et al., 2007) και η μείωση των αναγκών σε ενέργεια για τη λειτουργία του συστήματος, ειδικότερα με τη χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας (I-Pai Wu, 1994), αποτελούν από τα βασικότερα πλεονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης.
- ✓ Μείωση του κόστους λειτουργίας, πρώτον εξαιτίας των χαμηλότερων πιέσεων λειτουργίας και δεύτερον διότι κάθε εξοικονόμηση σε αρδευτικό νερό λογίζεται βεβαίως ως μείωση του κόστους. Παρατηρήθηκε σε συστήματα υπόγειας στάγδην άρδευσης μείωση των αναγκών σε πιέσεις λειτουργίας (15-20 PSI) (Gushiken, 1993) (βλ. και παραπάνω – εξοικονόμηση νερού και ενέργειας).
- ✓ Μείωση των βλαβών στα παρελκόμενα (δίκτυο άρδευσης) του συστήματος εξαιτίας της μη άμεσης επαφής με αυτά. Σημαντική είναι η μείωση της φθοράς των υλικών άρδευσης εξαιτίας των καιρικών συνθηκών (κρύο – ζέστη – ήλιος) και των συνηθισμένων καλλιεργητικών (βλ. και παραπάνω).
- ✓ Ευκολία στην κατασκευή ενός ολοκληρωμένου δικτύου άρδευσης σε ολόκληρη την έκταση του αγρού, κυρίως εξαιτίας της ευλυγισίας (πλαστικότητας) των αγωγών εφαρμογής του δικτύου.
- ✓ Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του συστήματος και δυνατότητα αύξησης του κέρδους ακόμη και σε απαιτητικές καλλιέργειες. Η αύξηση του οικονομικού οφέλους μακροπρόθεσμα από τη χρήση της μεθόδου (σε συνάρτηση με την 15ετη έως και 20ετη διάρκεια ζωής του συστήματος) και το μειωμένο σχετικά κόστος συντήρησης (πλεονέκτημα το οποίο έχει να κάνει βέβαια με τον σωστή σχεδίαση και τοποθέτηση του δικτύου).
- ✓ Ελαχιστοποίηση των ζημιών από την υπέργεια πανίδα. Αντίθετα ζημιές από την πανίδα του εδάφους απαιτεί μεγαλύτερη εργασία για την επισκευή λόγω της αδυναμίας επιθεώρησης.
- ✓ Ελαχιστοποίηση των απωλειών από τη κατεύθυνση και τις ταχύτητες του ανέμου.

5.4.13 Μειονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε σχέση με την διαχείριση του νερού και την συμπεριφορά του εδάφους

- Ανάγκη χρήσης και δευτερογενούς συστήματος επιφανειακής άρδευσης για το φύτρωμα της καλλιέργειας, λόγω της ανεπάρκειας ικανοποιητικών τιμών εδαφικής υγρασίας επιφανειακά.
- Δυσκολία στην εκτίμηση της αποδοτικότητας της άρδευσης ειδικότερα όταν δεν πραγματοποιούνται μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας και των παροχών σε νερό, που μπορεί να οδηγήσει σε υπέρ ή υπό εκτίμηση των αναγκών των φυτών με αντίστοιχες συνέπειες όπως κακώς αερισμός, αυξημένη βαθιά διήθηση κ.ο.κ.
- Παρατηρείται συχνά οι σταλακτήρες να παρέχουν περισσότερο από το νερό που μπορεί απορροφήσει το έδαφος, λόγω λανθασμένης ρύθμισης των πιέσεων λειτουργίας, με αποτέλεσμα η πίεση του νερού στη περιοχή περιφερειακά των εκπομπών να είναι μεγαλύτερη από αυτή της ατμοσφαιρικής. Αυτό συνεπάγεται επιτάχυνση της ανόδου του νερού προς την επιφάνεια του εδάφους και αύξηση των απωλειών λόγω εξάτμισης, καθώς επίσης και δημιουργία επιφανειακής κρούστας, που με τη σειρά της εμποδίζει τον καλό αερισμό του εδάφους και τη σωστή ανάπτυξη της καλλιέργειας.
- Συνήθως με την υπόγεια στάγδην άρδευση παρουσιάζεται πέραν των προβλημάτων στο φύτρωμα των καλλιεργειών λόγω της αδυναμίας ανόδου του νερού στο εδαφικό περιβάλλον του σπόρου (γεγονός βέβαια που εξαρτάται και από το βάθος τοποθέτησης του δικτύου αλλά και από τις ιδιότητες του εδάφους), σχηματισμός ζωνών με αυξημένη περιεκτικότητα αλάτων στο εδαφικό διάλυμα, ειδικότερα σε άνυδρες περιοχές, ακριβώς επάνω από τους σταλακτήρες, επιβαρύνοντας την διαδικασία φυτρώματος και ανάπτυξης της ρίζας.

5.4.14 Μειονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε σχέση με τις καλλιεργητικές τεχνικές

- Η αλλαγή καλλιέργειας μπορεί να είναι ως και αδύνατη λόγω της αρχικής τοποθέτησης του υπόγειου δικτύου. Η συχνή αδυναμία εναλλαγής – rotation – καλλιεργειών σε αγροτεμάχια που αρδεύονται με την υπόγεια στάγδην άρδευση, οφείλεται στο γεγονός ότι η τοποθέτηση των αγωγών εφαρμογής και κατ' επέκταση και των σταλακτάρων είναι μόνιμη, ενώ αντίθετα οι διαστάσεις σποράς (μεταξύ σειρών και μεταξύ φυτών) αλλάζουν ανάλογα και με την καλλιέργεια (Ayars et al., 1995).
- Πολλές φορές, ειδικότερα σε υγρά εδάφη, οι καλλιεργητικές εργασίες μπορεί να συμπιέσουν το έδαφος πάνω από το υπόγειο δίκτυο και ουσιαστικά να το αχρηστέψουν.
- Με την υπόγεια στάγδην άρδευση διευκολύνεται η άμεση πρόσβαση σε νερό της καλλιέργειας αλλά ακριβώς λόγω αυτής της ευκολίας δεν αναπτύσσεται ισχυρό και εκτενές ριζικό σύστημα με αποτέλεσμα να παρατηρείται συχνά έλλειψη σε απαραίτητα στοιχεία και ιχνοστοιχεία (π.χ. Κάλιο).

5.4.15 Μειονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε σχέση με τη λειτουργία του συστήματος

- Το κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) είναι ο κυριότερος παράγοντας επιλογής ενός συστήματος υπόγειας στάγδην άρδευσης. Όταν αποφασιστεί να τοποθετηθεί ένα τέτοιο σύστημα πρέπει να είναι σίγουρη η απόδοση του διότι οποιαδήποτε αντικατάσταση θα ήταν καταστροφική οικονομικά, ειδικότερα σε περιοχές με ελάχιστο ή αμφιβόλου ποιότητας αρδευτικό νερό και με χαμηλές τιμές αγροτικών προϊόντων (απαραίτητη η έρευνα αγοράς και η αντίστοιχη μελέτη σκοπιμότητας). Για παράδειγμα στην Ιαπωνία, οι δαπάνες εγκατάστασης συστημάτων για την καλλιέργεια λουλουδιών και λαχανικών ήταν σαφώς υψηλότερες αγγίζοντας το έτος 2000 στο ποσό των \$16,000 ha⁻¹, ενώ αντίστοιχα στις Η.Π.Α., την ίδια χρονιά, ένα μέσο κόστος εγκατάστασης ενός σύγχρονου συστήματος εντοπισμένης υπόγειας στάγδην άρδευσης κυμαινόταν από \$2.000 έως \$4.000 ha⁻¹, συμπεριλαμβανομένων και των εξόδων λειτουργίας και συντήρησης τα οποία και κυμάνθηκαν από \$100 έως \$800 ha⁻¹ έτος⁻¹, διαφορές που έχουν να κάνουν με το είδος της καλλιέργειας και τις καλλιεργητικές τεχνικές.
- Απαραίτητη είναι η τοποθέτηση ειδικών φίλτρων για τον καθαρισμό του συστήματος (ειδικότερα σε μακροχρόνιες επενδύσεις > 10 ετών) καθώς υπάρχει σαφή αδυναμία καθαρισμού του συστήματος και του δικτύου σε περιπτώσεις εμφράξεων (Phene, 1983).
- Απαραίτητη επίσης θεωρείται και η τοποθέτηση ειδικού φίλτρου με ριζοαπωθητικό στην κεφαλή του δικτύου, γιατί σε αντίθετη περίπτωση η παρείσφηση των ριζών εντός των σταλακτήρων θα προκαλούσε αδυναμία λειτουργίας.
- Η τοποθέτηση βαλβίδας κενού σε ένα ολοκληρωμένο δίκτυο υπόγειας στάγδην άρδευσης θεωρείται απαραίτητη για μην υπάρξουν λόγω αναρροφήσεων εισροές φερτών υλικών στους σταλακτήρες και έμφραξη αυτών.
- Αδύνατος είναι επίσης ο έλεγχος των ζημιών του υπόγειου δικτύου.
- Τέλος, πρέπει να λαμβάνεται σχετική μέριμνα από την αρχή εξεύρεσης κατάλληλου χώρου απόρριψης των πλαστικών σωλήνων όταν το δίκτυο υπερβεί το χρόνο ζωής του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

6 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

6.1 Γενικά – Οριοθέτηση – Σχέδιο πειραματικού αγρού

Η ανάπτυξη και παραγωγικότητα του γλυκού Σόργου (*Sorghum bicolor* L. Moench) και της ποικιλίας Keller μελετήθηκε σε πείραμα αγρού στο πειραματικό αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Βελεστίνο) τις καλλιεργητικές περιόδους 2005, 2006 και 2007. Το στίγμα του αγροκτήματος είναι 39° 23' 38,06'' γεωγραφικό πλάτος, 22° 45' 23,64'' γεωγραφικό μήκος και βρίσκεται σε υψόμετρο 50 m από το επίπεδο της θάλασσας.



Φωτογραφία 6.1: Αποτύπωση πειραματικού αγρού πρώιμης και όψιμης σποράς από δορυφόρο το 2006.

Στην περιοχή επικρατεί ένα τυπικό Μεσογειακό κλίμα, χαρακτηριζόμενο από ζεστά και ξηρά Καλοκαίρια και ψυχρούς και υγρούς Χειμώνες.

Οι σπορές της πρώιμης μεταχείρισης (έτη 2005, 2006, 2007) και της όψιμης (έτη 2006 και 2007) πραγματοποιήθηκαν στις 9 Μαΐου και στις 9 Ιουνίου, αντίστοιχα, χρησιμοποιώντας μόνο ελαφρό καλλιεργητή και σπορέα πέντε θέσεων (γραμμών) σποράς. Σε κάθε περίπτωση έγινε προσπάθεια πρώτον οι γραμμές σποράς να συμβαδίζουν με τις γραμμές άρδευσης, κυρίως στις υπόγειες μεταχειρίσεις, και δεύτερον ελαχιστοποίηση της συμπίεσης του εδάφους.

Η συνολική επιφάνεια που καταλάμβανε ο συγκεκριμένος πειραματικός αγρός ήταν 1.600 m² (800 m² για τη πρόιμη σπορά και 800 m² για την όψιμη σπορά), χωρίς να συμπεριλαμβάνονται οι πλευρικοί και ο κεντρικός διάδρομος παρακολούθησης. Η συνολική επιφάνεια που καταλάμβανε το κάθε πειραματικό τεμάχιο ήταν 50 m² (μήκος 10 m και πλάτος 5 m). Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο εγκαταστάθηκαν έξι σειρές φυτών. Η απόσταση μεταξύ των σειρών σποράς της κάθε επανάληψης ήταν 0,8 m. Η ισαποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς υπολογίστηκε στα 0,14 m (Πληθυσμιακή πυκνότητα σποράς 8.400 φυτά στρέμμα⁻¹).

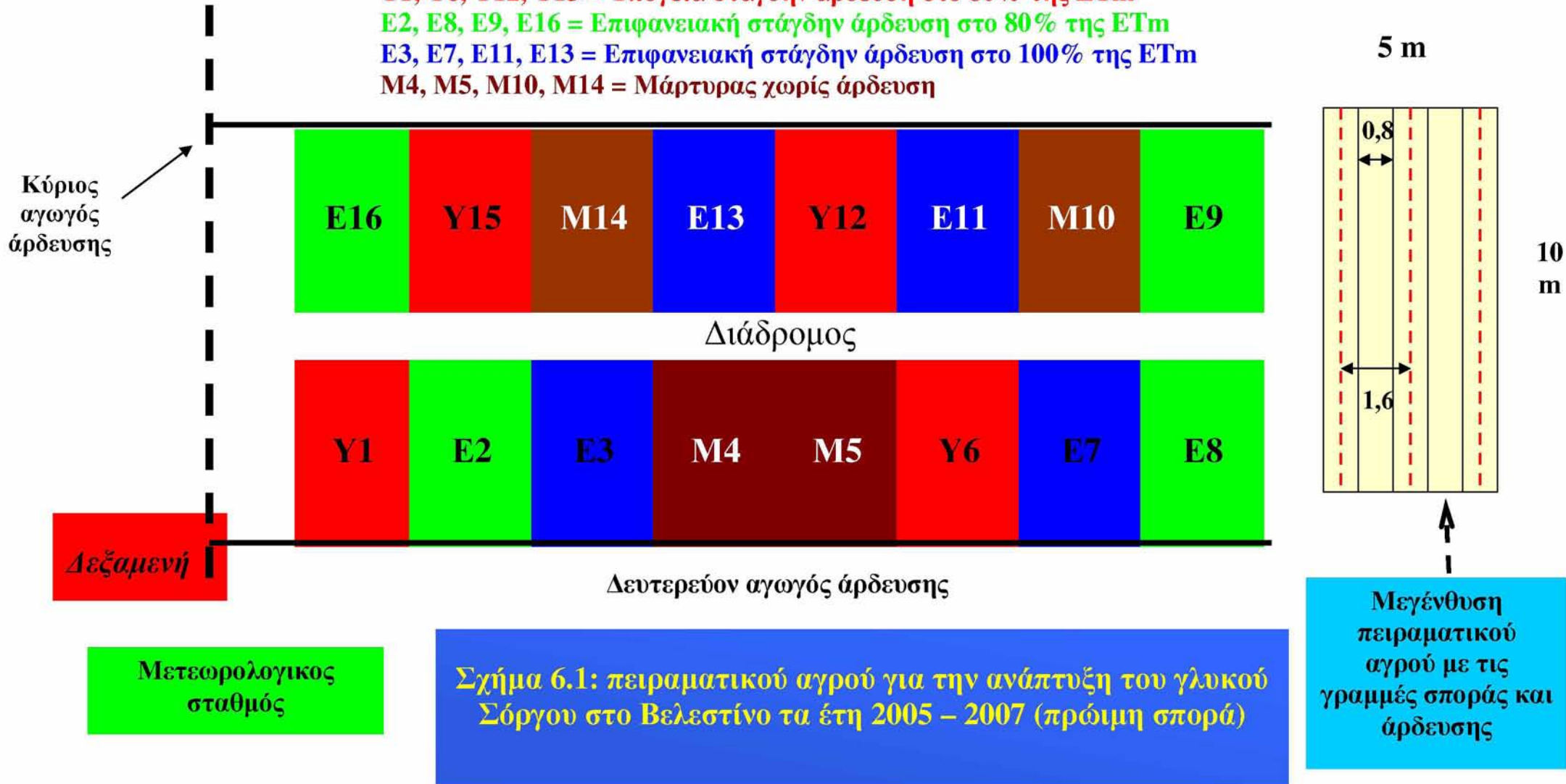
Χρησιμοποιήθηκε τυχαιοποιημένο σχέδιο συγκροτημάτων με τέσσερις μεταχειρίσεις σε τέσσερις επαναλήψεις (συνολικά 16 πειραματικά τεμάχια), ξεχωριστά για την πρόιμη και την όψιμη σπορά.

Η διαφοροποίηση των τεμαχίων έγινε με βάση τη μέθοδο και τις δόσεις άρδευσης. Έτσι τέσσερα πειραματικά αρδεύτηκαν με τη μέθοδο της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 100% των απαιτήσεων σε νερό της καλλιέργειας, λόγω εξατμισοδιαπνοής, τέσσερα πειραματικά αρδεύτηκαν με την επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, τέσσερα με την υπόγεια στάγδην άρδευση στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, ενώ τέσσερα πειραματικά χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες και δεν αρδεύτηκαν καθόλου.

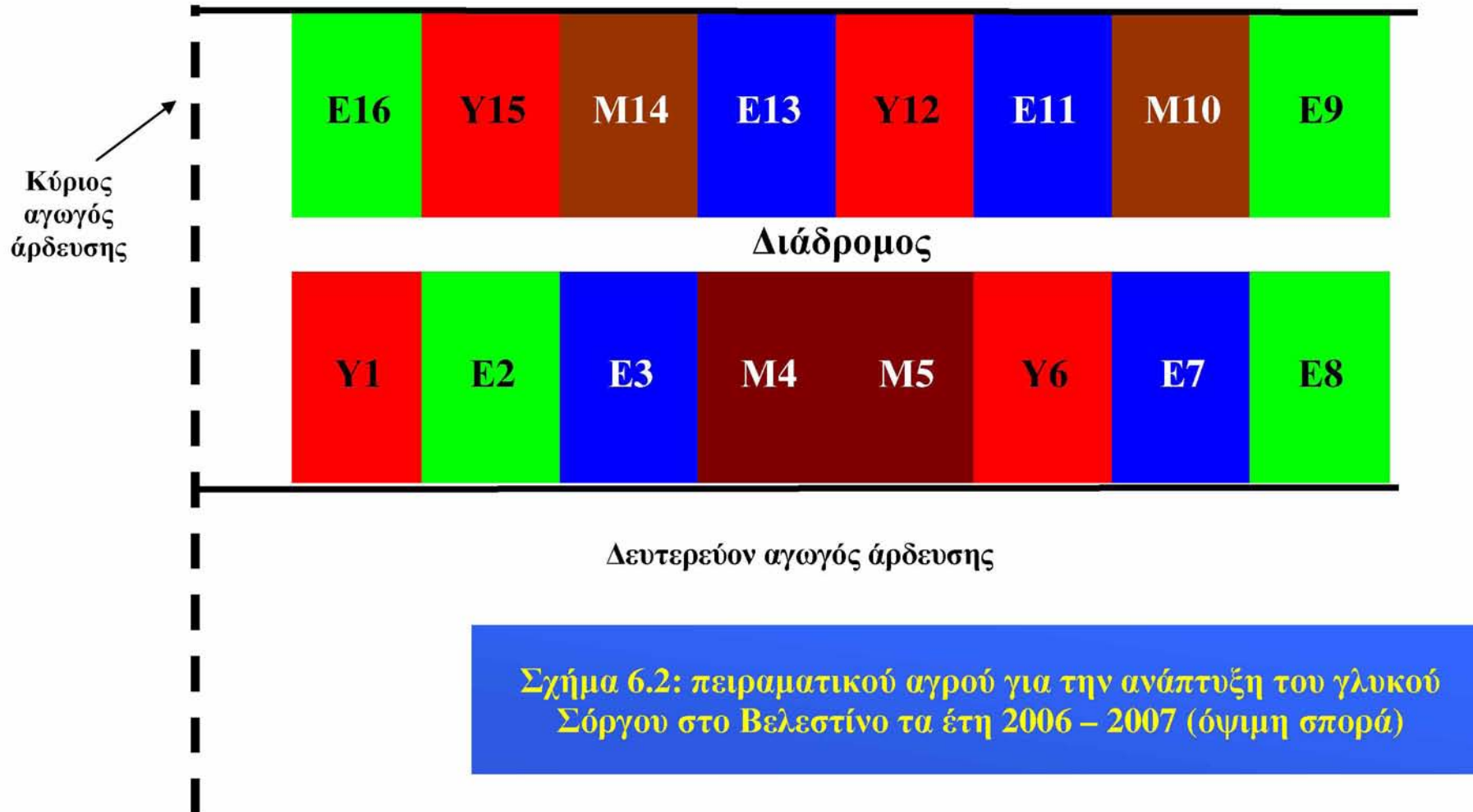
Τα υλικά άρδευσης, οι αποστάσεις των δικτύων εφαρμογής, οι ισαποχή των σταλακτήρων, και τα υπόλοιπα τεχνικά χαρακτηριστικά της άρδευσης παρουσιάζονται στο υποκεφάλαιο ‘‘υλικά άρδευσης’’. Μία σύντομη πάντως παρουσίαση της διάταξης του πειραματικού αγρού, τόσο της πρόιμης όσο και της όψιμης σποράς γίνεται στο σχήματα 6.1 και 6.2.

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Y1, Y6, Y12, Y15 = Υπόγεια στάγδην άρδευση στο 80% της ETm
E2, E8, E9, E16 = Επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm
E3, E7, E11, E13 = Επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 100% της ETm
M4, M5, M10, M14 = Μάρτυρας χωρίς άρδευση



Y1, Y6, Y12, Y15 = Υπόγεια στάγδην άρδευση στο 80% της ETm
E2, E8, E9, E16 = Επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm
E3, E7, E11, E13 = Επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 100% της ETm
M4, M5, M10, M14 = Μάρτυρας χωρίς άρδευση

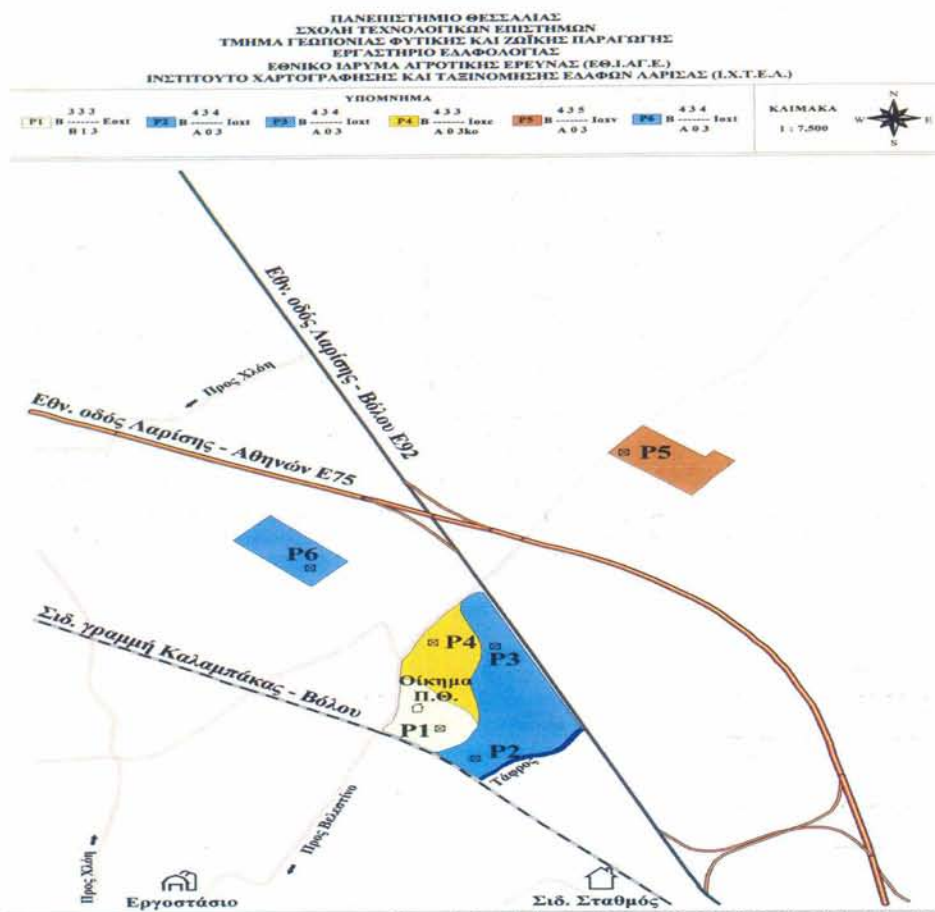


6.2 Εδαφολογικά χαρακτηριστικά

Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν σε έδαφος καλά αποστραγγιζόμενο, ασβεστούχο, ιλυο-αργιλοπηλώδους υφής το οποίο ανήκει στην υπό-ομάδα των *Tyric Xerochrepts*.

Η εδαφοτομή P2 αντιπροσωπεύει τη μισή περίπου έκταση του κεντρικού τμήματος του αγροκτήματος στο Βελεστίνο.

Η οριοθέτηση του παρουσιάζεται στο σχήμα 6.3.



Σχήμα 6.3: Οριοθέτηση εδαφοτομής P2.

Παρατηρείται επίσης έναρξη της διαδικασίας εδαφογένεσης με το σχηματισμό “καμβικού” ορίζοντα και την εμφάνιση “ωχρού” επιπέδου υπεράνω του διαγνωστικού ορίζοντα.

Στην ευρύτερη περιοχή επικρατούν συνθήκες εδαφικής υγρασίας *хeric* και εδαφικής θερμοκρασίας *thermic*.

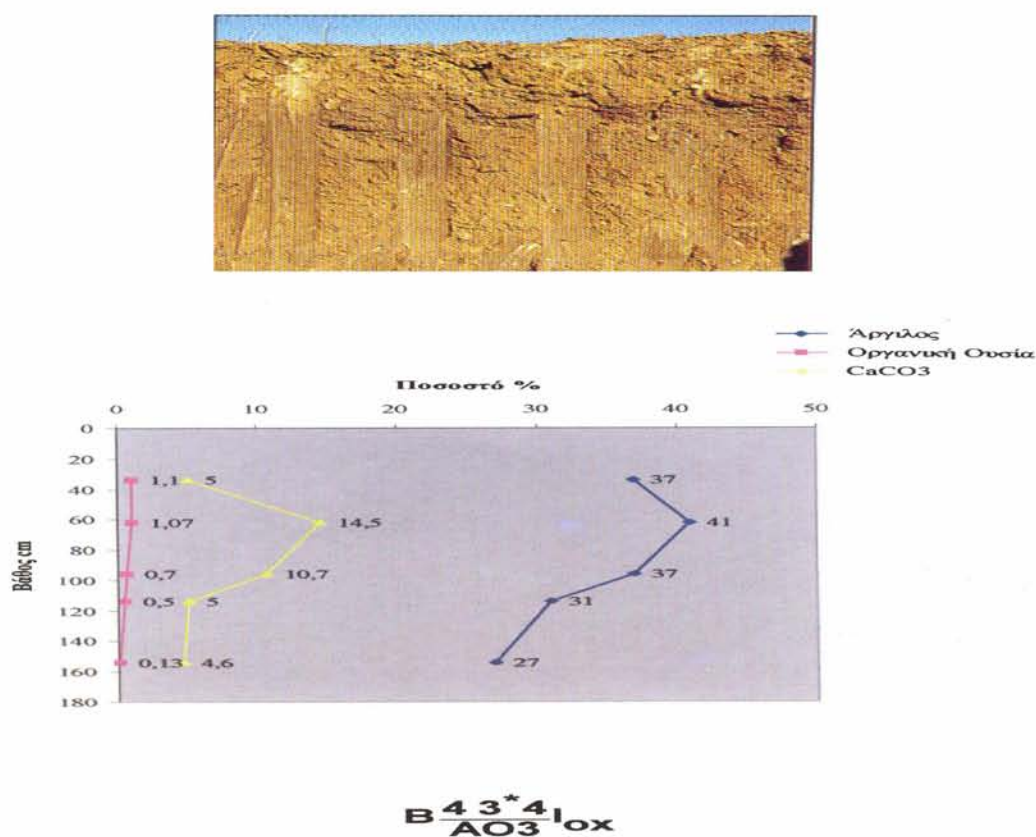
Το συγκεκριμένο, υπό εξέταση έδαφος, έχει υφή αμμοαργιλοπηλώδη έως αργιλώδη και κοκκομετρική σύσταση μετρίως λεπτόκκοκη έως λεπτόκκοκη.

Η κατάσταση υδρομορφίας είναι καλή και εκφράζεται με Β βαθμό αποστράγγισης ο οποίος βελτιώνεται με το βάθος του εδάφους, εξαιτίας της πετρώδους σύστασης του.

Τα ανθρακικά άλατα υπάρχουν στην εδαφοτομή σε επίπεδα μετρίως χαμηλά και εμφανίζουν μία σαφή τάση μετακίνησης και έκπλυσης τους προς τα βαθύτερα στρώματα της εδάφους. Το pH του εδάφους κυμαίνεται σε αλκαλικά επίπεδα (7,9 – 8,2), χωρίς όμως να αποτελεί τροχοπέδη για την κανονική ανάπτυξη των καλλιεργειών.

Το πορώδες είναι καλά αναπτυγμένο, αποτελούμενο κυρίως από μικρούς και μεσαίου μεγέθους πόρους. Ο διαθέσιμος φώσφορος κυμαίνεται σε τιμές πλησίον των 20ppm (index 2). Η οργανική ουσία είναι επαρκής μέχρι το βάθος των 60 cm ενώ μειώνεται σημαντικά όσο κινούμαστε σε μεγαλύτερα βάθη. Τα ανταλλάξιμα κατιόντα Na, Mg, K και η C.E.C. γενικά βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα. Η διαθεσιμότητα των ιχνοστοιχείων Fe, Zn και Mn βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα σε αντίθεση με το Cu.

Στο σχήμα 6.4 παρουσιάζεται η εδαφοτομή P2, το επί της εκατό ποσοστό αργίλου, οργανικής ουσίας και CaCO₃.



Σχήμα 6.4: Αποτύπωση ποσοστού αργίλου, οργανικής ουσίας και CaCO₃.

Τέλος, στο πίνακα 6.1 παρουσιάζονται οι φυσικές και χημικές ιδιότητες της εδαφοτομής P2 (Μήτσιος και συνεργάτες, 2000).

Πίνακας 6.1: Φυσικές και χημικές ιδιότητες του υπό εξέταση εδάφους

Εδαφοτομή P2

Τάξη: Inceptisol

Υποομάδα: Typic xerochrept

Χαρτογραφική μονάδα: B

4 3* 4

Ioχ

A 0 3

Βάθος (cm)	Ορίζοντας	Χρώμα ύφυγρο	Κοκκομετρική σύσταση			Υφή	Δομή	Όριο οριζόντων
			S	Si	C			
0-34	Ap	10YR 4/6	25	38	37	CL	3m sbk	A
34-62	BA	10YR 3/4	30	29	41	C	1f sbk	G
62-96	Bw	10YR 3/3	35	28	37	CL	2f sbk	G
96-114	BC	10YR 4/4	47	22	31	SCL	2f sbk	C
114-154	C	7,5YR 4/4	56	17	27	SCL	1f sbk	

Βάθος (cm)	Οργανική Ουσία (g/100g εδάφους)	CaCO ₃ %	pH (H ₂ O 1:1)	P (ppm Olsen)	ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΑ Κατιόντα				I.A.K. (meg/ 100 g εδάφους)	Οργανική Ουσία (g/100g εδάφους)	CaCO ₃ %
					K	Na	Ca	Mg			
0-34	1,10	5,0	7,9	20	0,27	0,07	25,5	6,16	32,0	1,10	5,0
34-62	1,07	14,5	8,1	9	0,38	0,15	23,7	8,54	32,8	1,07	14,5
62-96	0,70	10,7	8,2	12	0,26	0,32	23,6	7,78	32,0	0,70	10,7
94-114	0,50	5,0	8,2	9	0,29	0,36	19,5	6,70	26,8	0,50	5,0
114-154	0,13	4,6	8,0	12	0,29	0,25	17,7	5,49	23,2	0,13	4,6

Βάθος (cm)	Ιχνοστοιχεία (ppm)			
	Fe	Cu	Zn	Mn
0-34	4,50	2,82	0,80	6,80
34-62	6,40	2,32	0,38	3,40

(Μήτσιος και συνεργάτες, 2000).

6.3 Υλικά άρδευσης

Οι κύριοι και οι δευτερεύοντες αγωγοί μεταφοράς τόσο του επιφανειακού όσο και του υπόγειου δικτύου άρδευσης ήταν από πολυαιθυλένιο (PE), διατομής 32 και 20 mm αντίστοιχα με ονομαστική πίεση λειτουργίας τις 6 atm. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο της επιφανειακής και της υπόγειας στάγδην άρδευσης τοποθετήθηκαν τρεις αγωγοί εφαρμογής των 18 mm.

Η απόσταση μεταξύ των αγωγών εφαρμογής ήταν 1,6 m και η τοποθέτηση τους έγινε σειρά παρά σειρά μεταξύ των γραμμών σποράς της καλλιέργειας. Η ισαποχή των σταλακτήρων (emitters) επί των γραμμών άρδευσης ήταν 0,6 m. Οι σταλάκτες ήταν αυτορυθμιζόμενοι και αυτοκαθαριζόμενοι (της εταιρίας Netafim), παροχής 3,6 L h⁻¹ σε πίεση λειτουργίας 3,5 atm και ωριαίου ύψους βροχής 3,75 mm h⁻¹. Η τοποθέτηση του υπόγειου δικτύου άρδευσης έγινε στα 45 cm βάθος από την επιφάνεια του εδάφους, με την χρήση ειδικού μηχανήματος (υπεδαφοθέτη).

Πραγματοποιήθηκε επίσης η τοποθέτηση οκτώ ηλεκτροβανών (μία για κάθε δύο πειραματικά τεμάχια της ίδιας μεταχείρισης), με σκοπό την αυτόματη έναρξη και λήξη της άρδευσης, και οκτώ υδρομετρητές, αντίστοιχα με τις ηλεκτροβάνες, για τον έλεγχο των πιθανών αποκλίσεων από τις επιθυμητές τιμές των δόσεων άρδευσης. Οι ηλεκτροβάνες ήταν τύπου Aquanet II, με τάση λειτουργίας 9 – 40 V.

Ειδικότερα, για το υπόγειο δίκτυο τοποθετήθηκε ειδική βαλβίδα εκτόνωσης κενού (vacuum breaker valve), για την αποφυγή εμφράξεων στο δίκτυο καθώς επίσης και φίλτρο δίσκων (teck filter) εμπλουτισμένο με Trifluralin-5 (ζιζανιοκτόνο της ομάδας των δινιτροανιλινών), ως ριζοαπωθητικό.

Όλες οι ηλεκτροβάνες συνδέθηκαν με ειδικό προγραμματιστή (miracle) της εταιρίας Netafim με σκοπό την αυτοματοποίηση της άρδευσης.

Ο προγραμματιστής παρέχει τη δυνατότητα λειτουργίας τεσσάρων ηλεκτροβανών ταυτοχρόνως σε τρία διαφορετικά προγράμματα και αποτελείται από την ψηφιακή οθόνη προγραμματισμού, τα πλήκτρα εντολών (καθορισμός ημέρας, ώρας, δόσης και διάρκειας άρδευσης), την μπαταρία Λιθίου (9 V), τον πίνακα ελέγχου, τα καλώδια με τις συνδέσεις τους με το πλαίσιο στήριξης. Ειδικότερα ο συγκεκριμένος προγραμματιστής δίνει τη δυνατότητα της συνεχούς άρδευσης για 9 h και 59 min, μπορεί να προγραμματιστεί με βάση ένα εβδομαδιαίο πρόγραμμα άρδευσης, διαθέτει την ικανότητα καθυστέρησης της άρδευσης έως και 99 ημέρες, παρέχει τη δυνατότητα μείωσης ή και αύξησης των δόσεων άρδευσης μέχρι ποσοστού 100% (σε βήματα του 10%), δίνει τη δυνατότητα της ανεξάρτητης ακύρωσης ενός ή περισσοτέρων προγραμμάτων με την αυτόματη επιστροφή στο αρχικό πρόγραμμα. Επίσης σε περιπτώσεις βλαβών προσπερνά την προβληματική στάση και συνεχίζει την άρδευση στην επόμενη χωρίς τη διακοπή της λειτουργίας της κεντρικής βάνας, και τέλος διαθέτει πρόγραμμα ασφαλείας 10 min για την κάθε ημέρα.

Χρησιμοποιήθηκε επίσης τσιμεντένια ορθογώνια δεξαμενή χωρητικότητας περίπου 30 m³ με σκοπό τη συγκέντρωση και διάθεση του απαιτούμενου προς άρδευση ύδατος. Η πλήρωση της δεξαμενής πραγματοποιούνταν από παρακείμενη γεώτρηση με τη χρήση αντλίας μέσης παροχής 60-80 m³ h⁻¹ με άξονα και σωλήνα 4΄΄.

Η προώθηση του ύδατος στα δίκτυα πραγματοποιήθηκε με ειδική μονοβάθμια αντλία, ως κεφαλή του δικτύου, συνεπικουρούμενη από τις ηλεκτροβάνες (έναρξη – λήξη της άρδευσης), τα διάφορα φίλτρα, τη βαλβίδα κενού, τον αγωγό των επιστρεφόμενων, το πιεζόμετρο και τον υπόλοιπο μηχανολογικό εξοπλισμό της άρδευσης.

Στον πίνακα που ακολουθεί εμφανίζονται οι συνολικές ποσότητες αρδευτικού ύδατος που χορηγήθηκαν, καθώς επίσης και ο αριθμός των εφαρμογών, στο σύνολο των ετών για τη κάθε μεταχείριση.

Πίνακας 6.2: Συνολικές ποσότητες αρδευτικού ύδατος που χορηγήθηκαν και ο αριθμός των εφαρμογών.

	2005		2006				2007			
	100% ETm ¹	80% ETm	100% ETm πρώιμη σπορά	80% ETm πρώιμη σπορά	100% ETm όψιμη σπορά	80% ETm όψιμη σπορά	100% ETm πρώιμη σπορά	80% ETm πρώιμη σπορά	100% ETm όψιμη σπορά	80% ETm όψιμη σπορά
Σύνολο χορηγούμενου αρδευτικού ύδατος (mm στρ ⁻¹)	681,70	549,90	586,00	473,80	512,80	414,30	727,60	588,00	674,00	543,30
Αριθμός εφαρμογών ανά έτος	32	32	30	30	25	25	34	34	32	32

Στις παραπάνω τιμές των χορηγούμενων δόσεων άρδευσης δεν συμπεριλαμβάνονται τα κατακρημνίσματα (βροχή) και το νερό φυτρώματος (συνολική αναφορά γίνεται στο κεφάλαιο εξοικονόμηση αρδευτικού νερού). Όσον αφορά την άρδευση με τεχνητή βροχή (προφυτρωτική άρδευση), η τοποθέτηση του εκτοξευτή έγινε σε σταθερό σημείο πλησίον των πειραματικών και χρησιμοποιήθηκαν δοκιμαστικοί σωλήνες για τον έλεγχο της ομοιομορφία της

¹ Ως ETm ορίζεται η ημερήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή, η οποία μετρήθηκε με τη μέθοδο της ανοιχτής λεκάνης A.

άρδευσης. Η παροχή του εκτοξευτή της τεχνητής άρδευσης μετρήθηκε στα $30 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ σε πίεση λειτουργίας 4,5 atm.

Εξαιτίας του γεγονότος ότι η διηθητικότητα του συγκεκριμένου εδάφους αγγίζει τα 7 mm h^{-1} , οι εφαρμογές της προφυτρωτικής άρδευσης πραγματοποιήθηκαν με ενδιάμεσες διακοπές της τάξης των 40' με 45', όταν ο συνολικός χρόνος άρδευσης ξεπερνούσε το ένα τέταρτο (15 min) χρονικά.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά άρδευσης της κάθε μεταχείρισης:

Πίνακας 6.3: Χαρακτηριστικά στοιχεία άρδευσης για τη κάθε μεταχείριση.

Μεταχείριση	Ισαποχή αγωγών εφαρμογής (m)	Ισαποχή σταλακτήρων εφαρμογής (m)	Παροχή (l h^{-1})	Πίεση λειτουργίας (atm)	Ποσοστό δόσης άρδευσης (% ETm)
Y1	1,6	0,6	3,6	3,5	80
Y6	1,6	0,6	3,6	3,5	80
Y12	1,6	0,6	3,6	3,5	80
Y15	1,6	0,6	3,6	3,5	80
E3	1,6	0,6	3,6	3,5	100
E7	1,6	0,6	3,6	3,5	100
E11	1,6	0,6	3,6	3,5	100
E13	1,6	0,6	3,6	3,5	100
E2	1,6	0,6	3,6	3,5	80
E8	1,6	0,6	3,6	3,5	80
E9	1,6	0,6	3,6	3,5	80
E16	1,6	0,6	3,6	3,5	80
M4	0	0	0	0	0
M5	0	0	0	0	0
M10	0	0	0	0	0
M14	0	0	0	0	0

6.4 Εξοπλισμός για τη συλλογή των βασικών δεδομένων του πειράματος

Οι μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας πραγματοποιήθηκαν λίγο πριν και μία ημέρα μετά από την ολοκλήρωση της άρδευσης, με την μέθοδο TDR (Time Domain Reflectometry), χρησιμοποιώντας αισθητήρες μήκους 75cm και βάθη μετρήσεων: 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 και 60-75 cm.

Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου βασίζεται στην απευθείας μέτρηση της φαινόμενης διηλεκτρικής σταθεράς του υπό άρδευση εδάφους και την αναγωγή αυτής σε κατ' όγκο περιεκτικότητα σε νερό. Η διηλεκτρική σταθερά επιδρά και καθορίζει την ταχύτητα κίνησης ενός υψηλής συχνότητας σήματος το οποίο διαβιβάζεται στο έδαφος μέσω κατάλληλου κυματοδηγού (Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη και συνεργάτες, 1997). Με άλλα λόγια η αρχή λειτουργίας του TDR βασίζεται στην χρονομετρημένη καθυστέρηση επιστροφής του ηλεκτρομαγνητικού σήματος της πηγής του οργάνου για διάφορα βάθη από 0-75 cm και την αναγωγή του χρόνου σε μονάδες εδαφικής υγρασίας (% κ.ο.), με την χρήση πολυωνυμικών εξισώσεων. Τοποθετήθηκαν συνολικά τέσσερις αισθητήρες ένας για τη κάθε μεταχείριση.

Σημειώνεται εδώ ότι κατά τις ημέρες των προκαθορισμένων μετρήσεων οι οποίες συνέπεσαν με βροχοπτώσεις, έντονες ή μη και μικρής ή μεγάλης διάρκειας, αυτές πραγματοποιήθηκαν κανονικά και συμπεριελήφθησαν στην γραφική αποτύπωση των τιμών της υγρασίας του εδάφους (βλ. παράρτημα μετρήσεις εδαφικής υγρασίας).

Για την καταγραφή των μετεωρολογικών δεδομένων της περιοχής (ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα, ταχύτητα ανέμου, ηλιοφάνεια ημέρας, καταγραφή της ημερήσιας βροχόπτωσης, και της ημερήσιας εξάτμισης) χρησιμοποιήθηκε ο μετεωρολογικός σταθμός του αγροκτήματος ο οποίος βρίσκεται σε απόσταση περίπου 50 μέτρων από το κέντρο του πειραματικού αγρού.

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα υγρό και ξηρό θερμομέτρο, βροχόμετρο, πυρανόμετρο και ανεμόμετρο. Η συλλογή των δεδομένων έγινε με τη βοήθεια data logger και η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με το πρόγραμμα Excel της Microsoft. Τονίζεται ότι η συλλογή των μετεωρολογικών δεδομένων έγινε σε ωριαία βάση καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου. Χρησιμοποιήθηκαν για την γραφική απεικόνιση κυρίως οι ενδείξεις θερμοκρασίας ημέρας και νύχτας και οι ημερήσιες τιμές βροχόπτωσης για την σύγκριση των κλιματικών δεδομένων των ετών 2005, 2006 και 2007 με αυτές της προηγούμενης εικοσιπενταετίας.

Όσον αφορά τις μετρήσεις του ύψους και της φυλλικής επιφάνειας στον πειραματικό αγρό, επιλέχθηκαν μετά από κλήρωση δεκαπέντε (15) τυχαία φυτά από την κάθε επανάληψη, καταγράφοντας παράλληλα τη θέση τους στο επίπεδο (στίγμα) με σκοπό τη χρησιμοποίηση των στοιχείων στο πρόγραμμα γεωστατιστικής surfer 7.

Η επιλογή έγινε βάση τυχαίου τριηπίου αριθμητικού συνδυασμού, με το πρώτο ψηφίο να παίρνει την τιμή από 1 – 6 (μία από τις έξι σειρές κάθε επανάληψης) και τα δύο επόμενα ψηφία να παίρνουν τις τιμές από 01 – 70 (ένα από τα 70 φυτά της κάθε σειράς).

Η μέτρηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (L.A.I.) έγινε στον αγρό αλλά και στο εργαστήριο. Για την γραφική απεικόνιση της εξέλιξης του δείκτη φυλλικής επιφάνειας χρησιμοποιήθηκε το σύνολο των μετρήσεων. Οι μετρήσεις στο εργαστήριο πραγματοποιήθηκαν με ειδικό όργανο εμβαδομέτρησης LI-COR που είναι αρκετά ακριβές και απόλυτα αξιόπιστο. Παράλληλα προσδιορίστηκε και το σφάλμα μέτρησης του οργάνου σε μία τιμή 5,5% πέραν της πραγματικής. Η υπερτίμηση της τιμής του L.A.I. οφείλεται στην συνεχή εγγραφή του οργάνου καθ' όλη τη διάρκεια της διακοπή για την εισαγωγή ενός νέου δείγματος. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν για το κάθε έτος και για την κάθε επανάληψη των μεταχειρίσεων δεκαοκτώ μετρήσεις του δείκτη φυλλικής επιφάνειας και αντίστοιχες μετρήσεις στον αγρό για τη καταγραφή του ύψους των φυτών. Αντίστοιχη ήταν η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και για τις μετρήσεις των όψιμων σπορών τα έτη 2006 και 2007.

Η εξέλιξη της παραγωγής σε χλωρή και ξηρή βιομάζα των μεταχειρίσεων μετρήθηκε συνολικά σε έξι στελεχοκοπές (9/7, 29/7, 18/8, 7/9, 22/9 και 7/10) για το σύνολο των ετών της πρώιμης σποράς και αντίστοιχα σε έξι στελεχοκοπές (7/8, 27/8, 16/9, 6/10, 21/10 και 5/11) για το σύνολο των ετών της όψιμης φύτευσης.

Για την μέτρηση της χλωρής και ξηρής βιομάζας του γλυκού σόργου, σε κάθε δειγματοληψία ελήφθησαν, κατά τυχαίο τρόπο, όπως αναλύθηκε παραπάνω, από το κάθε πειραματικό τεμάχιο, συνολικά δεκαπέντε φυτά, χωρίς να αποκλείεται κάποια σειρά ή θέση μέσα στο αγρόκτημα, καταγράφοντας παράλληλα το στίγμα τους. Το υποσύνολο του δείγματος σε αυτή τη περίπτωση θεωρείται βεβαίως πεπερασμένο, καθώς το φυτό δεν δύναται μετά τη κοπή του να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση. Στον αγρό πραγματοποιήθηκε ο διαχωρισμός των φυτικών τμημάτων (φύλλα, βλαστοί, όργανα αναπαραγωγής), καθώς επίσης και το ζύγισμα των νωπών δειγμάτων. Χρησιμοποιήθηκε για το λόγο αυτό ειδική ζυγαριά ακριβείας με μέγιστο αποδεκτό βάρος τα 100 kg. Εν συνεχεία τα νωπά δείγματα τοποθετήθηκαν σε ειδικές πλαστικές σακούλες και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο. Οι βλαστοί και τα φύλλα της κάθε επανάληψης τοποθετήθηκαν ξεχωριστά σε ειδικές χάρτινες σακούλες και αποξηράνθηκαν σε θερμοκρασία 85°C, μέχρι σταθεροποίησης των βαρών τους σε δύο ειδικά ξηραντήρια του Πανεπιστημίου. Εν συνεχεία πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός του ξηρού βάρους της κάθε μεταχείρισης.

Τέλος, τονίζεται ότι, στα πλαίσια της νέας αειφορικής γεωργίας των χαμηλών εισροών δεν πραγματοποιήθηκε κανενός είδους λιπαντική αγωγή ή άλλου είδους προσθήκη θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος των πειραματικών, παράλληλα με τις καλλιεργητικές τεχνικές που ακολουθήθηκαν, στοχεύοντας στην μείωση των εισροών και στη εξοικονόμηση ενέργειας.

6.4.1 Μέθοδος T.D.R.

6.4.1.1 Περιγραφή της τεχνικής T.D.R.

Η τεχνική της T.D.R. (Time Domain Reflectometry) για την μέτρηση της ογκομετρικής περιεκτικότητας του εδάφους σε νερό, αποτελεί σήμερα μία από τις πλέον αξιόπιστες και ακριβείς μεθόδους. Η τεχνική βασίζεται στη μέτρηση της διηλεκτρικής σταθεράς του υπό μέτρηση εδάφους και κατόπιν τον υπολογισμό της ογκομετρικής περιεκτικότητας σε νερό. Η διηλεκτρική σταθερά του υπό μέτρηση δείγματος επιδρά και καθορίζει την ταχύτητα κίνησης ενός υψηλής συχνότητας σήματος το οποίο διαβιβάζεται στο έδαφος μέσω κατάλληλου κυματοδηγού. Η διηλεκτρική σταθερά του εδάφους είναι γνωστό ότι εξαρτάται από το ποσοστό του νερού που περιέχεται σε αυτό.

Συγκεκριμένα ένα σύστημα T.D.R. μετρά το χρόνο που απαιτείται για να διατρέξει και να επιστρέψει στο σημείο εκπομπής του, ένα υψηλής συχνότητας ηλεκτρομαγνητικός παλμός, ο οποίος διαβιβάζεται σε μεταλλικούς αγωγούς που είναι βυθισμένοι και σε επαφή με το υπό μέτρηση έδαφος. Ο χρόνος αυτός (της τάξεως των ns) εξαρτάται από τη διηλεκτρική σταθερά του εδάφους.

Η διηλεκτρική σταθερά του εδάφους εξαρτάται με τη σειρά της από το ποσοστό του νερού που περιέχεται στο έδαφος.

6.4.1.2 Μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R.

6.4.1.2.1 Εισαγωγή

Πρωταρχικά η μέθοδος εφαρμόστηκε στην ανίχνευση βλαβών σε ηλεκτρονικά κυκλώματα (όπως καλώδια μεταφοράς ρεύματος και σημάτων), σήμερα όμως εφαρμόζεται με επιτυχία στην μέτρηση της υγρασίας του εδάφους και γενικά σε πορώδη υλικά.

Οι συσκευές T.D.R. εκπέμπουν παλμούς τάσης υψηλής συχνότητας σε κατάλληλα διαμορφωμένους μεταλλικούς αγωγούς, οι παλμοί αυτοί διατρέχουν τους αγωγούς με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικού κύματος. Οι μεταλλικοί αγωγοί στους οποίους εφαρμόζεται το ηλεκτρομαγνητικό σήμα είναι σε παράλληλη διάταξη μεταξύ τους. Έτσι δημιουργείται ηλεκτρομαγνητικό πεδίο μεταξύ αλλά και γύρω από τους αγωγούς. Η μορφή των παλμών αλλά και ο χρόνος που απαιτείται για να διατρέξουν τους αγωγούς εξαρτάται από τις ιδιότητες των αγωγών, το μήκος τους και το υλικό μέσα στο οποίο οι αγωγοί είναι βυθισμένοι.

6.4.1.2.2 Ανάλυση μεθόδου

Η τεχνική της T.D.R. βασίζεται στην ταχύτητα με την οποία ένα ηλεκτρομαγνητικό σήμα διατρέχει ειδικά διαμορφωμένους αγωγούς στο υπό μελέτη δείγμα εδάφους βάσει του παρακάτω τύπου:

$$C = \frac{C_0}{\epsilon_r^{1/2} \cdot \chi \cdot \mu_r} \quad (6.1)$$

Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα διαδίδεται στο κενό με την ταχύτητα του φωτός (C_0). Η μαγνητική διαπερατότητα μ_r είναι ίση με 1 για μη μαγνητικά υλικά (όπως το χώμα). Έτσι η ταχύτητα διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού κύματος (C) εξαρτάται μόνο από τη διηλεκτρική σταθερά ϵ_r του μέσου μέσα στο οποίο διαδίδεται ο παλμός.

Προκειμένου να μετρηθεί η διηλεκτρική σταθερά θα πρέπει να μετρηθεί η ταχύτητα διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού σήματος στο έδαφος. Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα διαβιβάζεται στην αρχή των αγωγών, διατρέχει το μήκος τους (L), στη συνέχεια ανακλάται στο τέλος των αγωγών και διατρέχει προς τα πίσω το αντίστοιχο μήκος (L). Επομένως η συνολική απόσταση που διατρέχει το σήμα είναι $2L$.

Έτσι η ταχύτητα διάδοσης του κύματος μπορεί να υπολογιστεί από τον παρακάτω τύπο:

$$C = \frac{2L}{T} \quad (6.2)$$

Όπου T ο χρόνος που απαιτείται.

Έχει επίσης αποδειχθεί ότι η εξίσωση βαθμονόμησης η οποία περιγράφει την συσχέτιση μεταξύ της διηλεκτρικής σταθεράς ϵ_r και της ογκομετρικής περιεκτικότητας του εδάφους σε νερό θ_v είναι:

$$\epsilon_r = 3,03 + 9,3 \theta_v + 146 \theta_v^2 - 76,7 \theta_v^3 \quad (6.3)$$

Το κύριο πρόβλημα με την μέθοδο T.D.R. είναι η απαίτηση μέτρησης των εξαιρετικά μικρών χρόνων που διαρκεί η κίνηση του ηλεκτρομαγνητικού κύματος. Η διαφορά στο χρόνο κίνησης του ηλεκτρομαγνητικού κύματος σε ένα δείγμα με περιεκτικότητα 0% σε νερό και σε ένα δείγμα με περιεκτικότητα 100% σε νερό είναι μόλις 8ns ($1\text{ns} = 10^{-8}\text{ s}$). Έτσι είναι απαραίτητη η ύπαρξη μίας υψηλής συχνότητας γεννήτριας παλμών αλλά και ενός δέκτη παλμών με υψηλή διακριτική ικανότητα.

Το σύστημα T.D.R. στη βασική του διαμόρφωση περιλαμβάνει:

1. τη συσκευή T.D.R.,
2. το probe (αισθητήρας του οργάνου),
3. το σετ των εργαλείων για την εισαγωγή και εξαγωγή των probe,
4. φορτιστή για τις εσωτερικές μπαταρίες της συσκευής T.D.R.,
5. καλώδιο σύνδεσης της συσκευής T.D.R. με το probe και
6. καλώδιο επικοινωνίας της συσκευής T.D.R. με τον Η/Υ.



Φωτογραφία 6.2: Συσκευή T.D.R. και κεφαλή του αισθητήρα του οργάνου.

6.4.2 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας – L.A.I.

6.4.2.1 Γενικά

Ένα μοντέλο που μπορεί να περιγράψει την φυτική κόμη, είναι εκείνο των οριζόντιων στοιβάδων ή διαφορετικά εκείνο που αναλύει την φυτική κόμη, αντιμετωπίζοντας την σαν ένα σύνολο ή μια σειρά οριζόντιων στρωμάτων, χρησιμοποιώντας μονοδιάστατες παραμέτρους και σχέσεις. Τα μονοδιάστατα αυτά μοντέλα είναι πολύ σημαντικά γιατί έχουν πολλές εφαρμογές τόσο στα αγροτικά όσο και στα δασικά οικοσυστήματα (Campbell και Norman, 1989).

Στα μοντέλα αυτά η φυτική κόμη συχνά περιγράφεται από δύο παραμέτρους: α) τη συνάρτηση πυκνότητας της φυλλικής επιφάνειας, $\mu(z)$, που εκφράζει την φυλλική επιφάνεια ανά μονάδα όγκου σε ένα σημείο z μέσα στην φυτική κόμη και β) από τη συνάρτηση κατανομής των γωνιών ή διαφορετικά τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας των γωνιών των κάθετων διανυσμάτων των φύλλων, $g(z,r)$.

Η μεταβλητή z , αναφέρεται στο ύψος μέσα στην φυτική κόμη, ενώ η μεταβλητή r στα χαρακτηριστικά διεύθυνσης των κάθετων διανυσμάτων, δηλαδή στην ζενίθεια και αζιμούθια γωνία τους ($r = \theta_L, \phi_L$) (Lang, Xiang Yueqin και Norman, 1985).

Η συνάρτηση $g(z,r)$ αντιπροσωπεύει την πιθανότητα του κάθετου διανύσματος ενός στοιχείου της φυτικής κόμης να βρίσκεται σε μια θέση, που εκφράζεται από την μεταβολή κάθε φορά ($d\theta_L$, $d\phi_L$) των γωνιών θέσης (Campbell και Norman, 1989) ή σύμφωνα με κάποια άλλη άποψη, αντιπροσωπεύει το τμήμα της επιφάνειας των κάθετων διανυσμάτων ανά μονάδα στερεάς γωνίας, σε μια διεύθυνση που ορίζεται από τις πολικές συντεταγμένες θ_L και ϕ_L .

Η συνάρτηση αυτή είναι κανονικοποιημένη, δηλαδή το ολοκλήρωμά της για όλες τις γωνίες σε ένα ημισφαίριο είναι ίσο με τη μονάδα (Lang, Xiang Yueqin και Norman, 1985).

$$\frac{1}{2\pi} = \int_0^{\pi/2} \int_0^{2\pi} g(z, \theta_L, \phi_L) \cdot \sin\theta_L \cdot d\phi_L \cdot d\theta_L = 1 \quad (6.4)$$

Για την περιγραφή της φυτικής κόμης καλλιεργειών, συνήθως χρησιμοποιούνται τα ολοκλήρωμα αυτών των παραμέτρων (Campbell και Norman, 1989). Πιο συγκεκριμένα το ολοκλήρωμα της συνάρτησης $\mu(z)$, δίδεται από τη παρακάτω σχέση και ως μέγεθος εκφράζει τον εκάστοτε αθροιζόμενο δείκτη φυλλικής επιφάνειας $L(z)$, σε κάθε ύψος z μέσα στην φυτική κόμη.

$$L(z) = \int_z^h \mu(z) \cdot dz \quad (6.5)$$

Το h αναφέρεται στο συνολικό ύψος της φυτικής κόμης από το έδαφος και το z σε ένα κάποιο ύψος από το έδαφος μέσα στη φυτική κόμη. Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας μιας φυτικής κόμης L_0 , εκφράζει τη συνολική επιφάνεια των φύλλων ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους και δίνεται από τη παραπάνω εξίσωση, όταν $z = 0$ (Campbell και Norman, 1989).

$$L(z) = \mu(z) \cdot dz \quad (6.6)$$

Η φυλλική επιφάνεια (AL) αντιπροσωπεύει την επιφάνεια της μιας πλευράς των φύλλων, ενώ ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI - Leaf Area Index), όπως ορίστηκε παραπάνω, εκφράζει το συνολικό άθροισμα της επιφάνειας της μιας πλευράς των φύλλων της φυτικής κόμης ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους (m^2 φυλλικής επιφάνειας m^{-2} επιφάνειας εδάφους) (Kvet και Marshall, 1971).

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας ουσιαστικά περιγράφει το μέγεθος της «φωτοσυνθετικής μηχανής» μιας φυτοκοινωνίας και λειτουργεί ως βασικός δείκτης

για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών ανάπτυξης μια καλλιέργειας (Kvet et al, 1971).

Όπως είναι γνωστό, ο ρυθμός αύξησης της βιομάζας (CGR) μιας καλλιέργειας εξαρτάται από το δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI) και το ρυθμό της καθαρής αφομοίωσης (NAR), καθώς εκφράζεται από το γινόμενο των δύο αυτών μεγεθών. Ο δείκτης NAR, συνήθως μειώνεται κατά τη διάρκεια ανάπτυξης της καλλιέργειας, καθώς συσχετίζεται αρνητικά με το δείκτη φυλλικής επιφάνειας και κατά συνέπεια με όλους τους παράγοντες που συντελούν στην αύξησή του (παροχή αζώτου, πυκνότητα φύτευσης, σκίαση, υψηλά επίπεδα χορηγούμενης άρδευσης κ.α.).

Λόγω της αποδεδειγμένης επίδρασης που έχει ο LAI στον NAR (Watson και Watson, 1953), ουσιαστικά ο LAI αποτελεί τον βασικό παράγοντα που καθορίζει το ρυθμό παραγωγής βιομάζας της καλλιέργειας (CGR) (Kvet et al, 1971).

Στις ετήσιες καλλιέργειες, ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας αυξάνεται εκθετικά κατά την περίοδο της έντονης ανάπτυξης των φυτών, αποκτά μια μέγιστη τιμή κατά τη περίοδο της άνθησης και ακολούθως υφίσταται μείωση στο διάστημα πριν από το τέλος της καλλιέργειας, που οφείλεται στη γήρανση και στη σταδιακή πτώση των μεγαλύτερων σε ηλικία φύλλων των φυτών της καλλιέργειας (Watson και Watson, 1953). Η μέγιστη τιμή του LAI καθορίζεται από την πυκνότητα της καλλιέργειας, που ρυθμίζεται από την πυκνότητα της φύτευσης, από την λίπανση και τους καλλιεργητικούς χειρισμούς.

Σε φυσικά οικοσυστήματα και φυτοκοινωνίες, ο LAI αυξάνει κατά τρόπο που εξαρτάται από το ισοζύγιο του νερού, την επάρκεια σε θρεπτικά στοιχεία, την κατανομή του φωτός μέσα στη φυτική κόμη και μια σειρά από άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες (π.χ θερμοκρασία).

Πέρα από τη μεταβολή του με το χρόνο, ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας μιας καλλιέργειας μεταβάλλεται και κατά τη διάσταση του ύψους της φυτικής κόμης. Ο υπολογισμός αυτών των μεταβολών είναι πολύ χρήσιμος στον υπολογισμό της κατανομής της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στη φυτική κόμη και περαιτέρω για τον προσδιορισμό παραμέτρων της δομής της.

Από όσα αναφέρθηκαν παραπάνω καταλαβαίνουμε ότι ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας αντανακλά σε μεγάλο βαθμό την πραγματική αναπτυξιακή και παραγωγική ικανότητα, δηλαδή την απόδοση μιας καλλιέργειας. Η γνώση των μεταβολών του δείκτη, καθ' όλη την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, αποτελεί ένα μέτρο της παραγωγικότητάς, καθώς και ένα τρόπο για την κατανόηση και παρακολούθηση οντογενετικών αλλαγών και χαρακτηριστικών της ανάπτυξης.

6.4.2.2 Ο εκθετικός νόμος των Monsi και Saeki

Η περιγραφή της πρόσληψης της ακτινοβολίας από τη φυτική κόμη καλλιεργειών έχει επικρατήσει να συνδέεται με ένα μέγεθος: τον συντελεστή απόσβεσης της ηλιακής ακτινοβολίας k . Ο συντελεστής αυτός αρχικά ορίστηκε μέσα

από τον εκθετικό νόμο των Monsi και Saeki το 1953. Ο νόμος αυτός αποτελεί μια επέκταση του νόμου των Bouguer – Lambert – Beer, ο οποίος περιγράφει τη διάδοση ενός μονοχρωματικού φωτός μέσα σε ένα ομογενές διάλυμα και αποτελεί όπως είναι γνωστό τη βάση των φασματοφωτομετρικών μεθόδων της χημικής ανάλυσης (Hay και Walker, 1989).

Με αντίστοιχο τρόπο ο νόμος των Monsi και Saeki είναι δυνατό να εφαρμοστεί για μια σειρά από καλλιέργειες για να περιγράψει τη διάδοση της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στη φυτική κόμη. Παράλληλα ο νόμος αυτός αποτέλεσε τη βάση για τη διαμόρφωση πολύπλοκων μοντέλων που προσεγγίζουν με καλύτερο τρόπο τη διάδοση και κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στη φυτική κόμη.

Ο νόμος των Monsi και Saeki βασίζεται σε μια σειρά από απλουστεύσεις. Θεωρεί ότι η ηλιακή ακτινοβολία είναι σταθερή σε οποιοδήποτε οριζόντιο επίπεδο μέσα στη φυτική κόμη μεταβαλλόμενη μόνο με το ύψος, καθώς δέχεται ότι η φυτική κόμη είναι, κατά την οριζόντια διεύθυνση, ομοιόμορφα δομημένη. Έτσι αντιμετωπίζοντας τη φυτική κόμη ως ένα ομογενές μέσο, δέχεται ότι η ένταση της μέσης ηλιακής ακτινοβολίας σε οποιοδήποτε επίπεδο αυτής παρουσιάζει την τάση της εκθετικής μείωσης με το ύψος (καθώς πλησιάζουμε προς το επίπεδο του εδάφους), με ένα τρόπο αντίστοιχο με το νόμο των Bouguer – Lambert – Beer.

Ως απόρροια της παραπάνω παραδοχής, ο νόμος δέχεται ότι, η φυτική κόμη απαρτίζεται από περίπου οριζόντια φύλλα, με τυχαία διάταξη και χωρίς να υπάρχει σημαντική αλληλοεπικάλυψη μεταξύ αυτών.

Έστω ότι μια τέτοια φυτική κόμη έχει ένα αθροιστικό δείκτη φυλλικής επιφάνειας L (η συνολική προβαλλόμενη φυλλική επιφάνεια ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους). Αν ισχύουν τα παραπάνω, τότε η φυτική κόμη είναι δυνατόν να διαιρεθεί σε έναν αριθμό οριζόντιων επιπέδων, που το κάθε ένα από αυτά περιέχει ισοδύναμες ποσότητες φυλλικής επιφάνειας. Εάν θεωρηθεί ότι ένα τέτοιο οριζόντιο επίπεδο περιέχει ένα δείκτη φυλλικής επιφάνειας dL , τότε αυτή η φυλλική επιφάνεια θα δέχεται μια ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας ίση με $I_0 \cdot dL$, όπου I_0 η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε ένα οριζόντιο επίπεδο στην κορυφή της φυτικής κόμης (Jones, 1992).

Εάν υποθεθεί επίσης ότι τα φύλλα προσομοιάζουν στη συμπεριφορά με το μέλαν σώμα, δηλαδή απορροφούν όλη την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτά χωρίς να επιτρέπουν την παραπέρα διάδοσή αυτής, τότε η μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας (dL) καθώς διέρχεται μέσα από αυτό το επίπεδο της φυτικής κόμης, είναι ισοδύναμη με το γινόμενο $- I_0 \cdot dL$. Το αρνητικό πρόσημο είναι απαραίτητο, αφού ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας αυξάνεται καθώς κινούμαστε από την κορυφή της φυτικής κόμης προς το επίπεδο του εδάφους.

Ολοκληρώνοντας από $0 - L$, είναι δυνατό να υπολογίσουμε τη μέση ηλιακή ακτινοβολία σε μια οριζόντια επιφάνεια, πάνω από την οποία υπάρχει ένας δείκτης φυλλικής επιφάνειας L , από τη σχέση:

$$I = I_0 \cdot e^{-L} \quad (6.7)$$

Στην πραγματικότητα, η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας σε οποιοδήποτε επίπεδο μέσα στη φυτική κόμη προέρχεται από περιοχές όπου η ηλιακή ακτινοβολία δεν έχει εξασθενήσει και από περιοχές που έχουν πλήρως σκιαστεί.

Ο νόμος των Monsi και Saeki επεκτείνεται από το απλό μοντέλο της φυτικής κόμης με οριζόντια φύλλα και σε άλλες γωνιακές κατανομές. Η βασική λογική για όλες τις κατανομές είναι ο υπολογισμός της επιφάνειας της προβολής στο οριζόντιο επίπεδο της επιφάνειας των φύλλων. Αν k είναι ο λόγος της σκιαζόμενης ή προβαλλόμενης επιφάνειας (A_h) προς την πραγματική επιφάνεια των φύλλων (A), τότε η προηγούμενη σχέση μετατρέπεται ως εξής (Hay και Walker, 1989):

$$I = I_0 \cdot e^{-kL} \quad (\text{νόμος Monsi και Saeki}) \quad (6.8)$$

όπου:

I_0 είναι η πυκνότητα ροής της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας σε μια οριζόντια επιφάνεια στο επάνω μέρος της φυτικής κόμης,

I είναι η πυκνότητα ροής της ηλιακής ακτινοβολίας σε ένα οποιοδήποτε σημείο μέσα στη φυτική κόμη, πάνω από το οποίο υπάρχει ένας δείκτης φυλλικής επιφάνειας L , και k είναι ο συντελεστής απόσβεσης της ηλιακής ακτινοβολίας.

Εάν για μια καλλιέργεια ισχύει ο νόμος των Monsi και Saeki, τότε από τη γραμμική συσχέτιση του λογαρίθμου $\ln(I/I_0)$ με το δείκτη φυλλικής επιφάνειας L , παίρνουμε μια ευθεία της μορφής $y = -a \cdot x$, όπου η κλίση a εκφράζει τον συντελεστή απόσβεσης k της ηλιακής ακτινοβολίας (Hay και Walker, 1989).

Ακόμα και στην πιο απλή του μορφή, ο νόμος των Monsi και Saeki έχει διαπιστωθεί ότι περιγράφει με πολύ ικανοποιητικό τρόπο τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας σε καλλιέργειες παρέχοντας τιμές του k που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για τη σύγκριση της πρόσληψης της ηλιακής ακτινοβολίας από διαφορετικές καλλιέργειες, καλλιεργούμενα είδη και οικοσυστήματα.

Οι πιο πολύπλοκες μορφές του παραπάνω νόμου επιτρέπουν για παράδειγμα την διαπίστωση της μη τυχαίας διάταξης των φύλλων μιας φυτικής κόμης στο χώρο (Acock et al., 1970) ή την εκτίμηση της γωνίας ανύψωσης του ήλιου β (Niilisk et al., 1970).

Η πειραματική επιβεβαίωση του νόμου των Monsi και Saeki και η εφαρμογή του σε καλλιέργειες, περιλαμβάνει την μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας στο επάνω μέρος της φυτικής κόμης και σε μια σειρά από επίπεδα σε διαφορετικά ύψη μέσα στη φυτική κόμη, για τα οποία αρχικά έχει προσδιοριστεί η φυλλική επιφάνεια και η

κατανομή των γωνιών κλίσης. Στις περισσότερες των περιπτώσεων οι μετρήσεις αυτές θα πρέπει να επαναλαμβάνονται για ένα μεγάλο αριθμό σταθμών μέσα στην καλλιέργεια και να συνεχίζονται για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, ώστε να επιτρέπουν τον έλεγχο των οντογενετικών αλλαγών στα χαρακτηριστικά των φύλλων. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι η εξίσωση Monsi και Saeki δεν λαμβάνει υπ' όψη του το τμήμα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας που χάνεται από την καλλιέργεια λόγω του φαινομένου της ανάκλασης ή το τμήμα εκείνο της προσπίπτουσας ακτινοβολίας το οποίο μεταδίδεται μέσα από τα φύλλα της φυτικής κόμης. Για την περίπτωση της ανάκλασης, η ποσότητα της PAR που χάνεται στην κορυφή της φυτικής κόμης είναι σχετικά μικρή ακόμα και στην περίπτωση της φυτικής κόμης με οριζόντια διάταξη των φύλλων. Η ποσότητα αυτή εκτιμάται από 0 - 10% και εξαρτάται από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας (Fitter και Hay, 1987). Σε μια φυτική κόμη με μεγαλύτερες γωνίες κλίσης φύλλων, το τμήμα της ανακλώμενης PAR, το οποίο θα επαναπροσλαμβάνονταν από τη φυτική κόμη της καλλιέργειας, είναι αρκετά σημαντικό.

Το τμήμα της προσπίπτουσας PAR που μεταδίδεται από ένα φύλλο είναι επίσης σχετικά μικρό ή και αμελητέο (0 – 5%, Fitter και Hay, 1987) αλλά ωστόσο η μεταδιδόμενη ακτινοβολία υφίσταται ποιοτικές αλλαγές, αλλαγές που έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτικών ιστών.

Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα του νόμου των Monsi και Saeki είναι ότι δεν περιέχει έναν παράγοντα που να αναφέρεται στο ύψος της φυτικής κόμης ή ακόμη και στην απόσταση μεταξύ των στρωμάτων των φύλλων. Πιο συγκεκριμένα η προηγούμενη σχέση δεν διαχωρίζει την περίπτωση κατά την οποία ο ίδιος δείκτης φυλλικής επιφάνειας L κατανέμεται στην ίδια ή σε διαφορετικές καλλιέργειες σε διαφορετικά ύψη. Ένα τέτοιο παράδειγμα έχουμε όταν μια καλλιέργεια εμφανίζει ανομοιογένεια ως προς το μήκος των βλαστών αλλά διατηρεί περίπου σταθερή φυλλική επιφάνεια. Έτσι παρά το γεγονός ότι η απόσταση ανάμεσα σε μια σειρά από φύλλα επηρεάζει σημαντικά α) την κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στη φυτική κόμη, β) την ανάκλαση της ακτινοβολίας από τα φύλλα της και γ) την πρόσληψη – διάδοση της σε χαμηλές γωνίες ανύψωσης του ήλιου (β), οι επιδράσεις αυτές δεν είναι δυνατό να εκφραστούν ποσοτικά μέσα από την απλή εμπειρική σχέση του νόμου των Monsi και Saeki.

Σύμφωνα με τους Hay και Walker (1989), η διακύμανση στην απόσταση ανάμεσα στα διάφορα στρώματα – επίπεδα των φύλλων της φυτικής κόμης είναι δυνατόν να αναγνωστεί μόνο μέσα από τον υπολογισμό της συνάρτησης πυκνότητας της φυλλικής επιφάνειας για το κάθε επίπεδο αλλά και συνολικά για την καλλιέργεια.

Σε γενικές γραμμές οι μετρούμενες τιμές του k σχετίζονται στενά με τη μέση γωνία κλίσης (α) των φύλλων. Ακόμα η δομή της φυτικής κόμης των φυτών επιτρέπει τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας και στα χαμηλότερα στρώματα των φύλλων, με αποτέλεσμα να την αξιοποιούν για τις διάφορες φυσιολογικές τους λειτουργίες.

Υπάρχουν δύο πολύ σημαντικοί λόγοι που εξηγούν τη σχετική σταθερότητα των τιμών του συντελεστή απόσβεσης k μέσα στη φυτική κόμη:

- 1) Το μεγαλύτερο μέρος της πρόσληψης της ηλιακής ακτινοβολίας από τα φύλλα, συμβαίνει κυρίως στο πρώτο μισό της φυτικής κόμης, όπου η γωνία των φύλλων παρουσιάζει τάση για μικρότερη διακύμανση σε σχέση με το υπόλοιπο μισό και
- 2) Τα φύλλα που βρίσκονται πιο κοντά στο πάνω μέρος της φυτικής κόμης παρουσιάζουν την τάση να προσλαμβάνουν την ηλιακή ακτινοβολία από ένα εύρος γωνιών του ήλιου.

Λόγω αυτής της ιδιότητας των πάνω φύλλων, τα κατώτερα στρώματα παρουσιάζουν την τάση να δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία μόνο σε μεγάλες γωνίες ανύψωσης του ήλιου, δηλαδή όταν ο ήλιος είναι σχεδόν σε κατακόρυφες θέσεις πάνω από τη φυτική κόμη. Έτσι για μια φυτική κόμη όπου τα κατώτερα φύλλα βρίσκονται υπό οριζόντιες περίπου γωνίες, η επίδραση της κατανομής των γωνιών αυτών στην αύξηση της τιμής του k αντισταθμίζεται από το γεγονός ότι στα φύλλα αυτά η ηλιακή ακτινοβολία, για υψηλές γωνίες ανύψωσης του ήλιου, διεισδύει στη φυτική κόμη κατά τρόπο καλύτερο (Hay και Walker, 1989).

Συνοψίζοντας θα πρέπει να πούμε ότι, η εξίσωση των Monsi και Saeki παρά τις απλοποιημένες υποθέσεις της, έχει διαδραματίσει κεντρικό ρόλο στην ανάπτυξη θεωριών για την αρχιτεκτονική της φυτικής κόμης και τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η εφαρμογή της στο πεδίο σε πραγματικές καλλιέργειες αποκάλυψε τις αδυναμίες και τα προβλήματά της. Όπως έχει ήδη αναφερθεί οι κυριότερες δυσκολίες της εμπειρικής αυτής της σχέσης σχετίζονται με την υπόθεση της τυχαίας κατανομής και διάταξης των φύλλων στο χώρο, υπόθεση που δεν επαληθεύεται πάντοτε, καθώς επίσης και με την κατακόρυφη μεταβολή της γωνίας των φύλλων, την κατακόρυφη διακύμανση του k και την κατακόρυφη απόσταση ανάμεσα στα διάφορα στρώματα της φυτικής κόμης.

6.4.2.3 Η θεώρηση Monteith

Το μοντέλο Monteith προβλέπει ότι η ποσότητα της βιομάζας (W), που μπορεί να παραχθεί από μια φυτική καλλιέργεια μετά από ορισμένες ημέρες καλλιέργειας, είναι ανάλογη προς την ποσότητα της προσπίπτουσας φωτοσυνθετικά ενεργού ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στη φυτική κόμη. Το μοντέλο αυτό περιγράφεται από τις ακόλουθες μαθηματικές σχέσεις (Russell et al., 1989):

$$W = Rg \cdot RUE \cdot \sum_{i=1}^n I_{(PAR)} \quad (6.9)$$

$$\sum_{1}^n I_{(PAR)} = 0,48 \cdot 0,45 \cdot [1 - \exp(-k \cdot L)] \quad (6.10)$$

Όπου :

- R_g , η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στο ύψος της φυτικής κόμης,
- RUE , ο συντελεστής αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας,
- $\Sigma I_{(PAR)}$, το άθροισμα της προσπίπτουσας φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας,
- k , ο συντελεστής απόσβεσης της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στη φυτική κόμη και
- L , ο δείκτης της φυλλικής επιφάνειας.

6.5 Υπολογισμοί δόσεων άρδευσης και χρόνου άρδευσης

6.5.1 Θεωρητικός τρόπος υπολογισμών

Για τον υπολογισμό της άρδευσης με σταγόνα χρησιμοποιούνται συνήθως δύο τρόποι, ο θεωρητικός και ο πρακτικός (εξατμισόμετρο).

Ο θεωρητικός τρόπος περιλαμβάνει του παρακάτω υπολογισμούς:

Υπολογισμός της θεωρητικής δόσης άρδευσης (I_d):

$$I_d \text{ (mm)} = \frac{(FC - PWP) \cdot h \cdot c \cdot P \cdot ASW}{10} \quad (6.11)$$

όπου:

FC η Υδατοϊκανότητα του εδάφους: 21,2 % κ.ο.

PWP το Σημείο Μόνιμης Μάρανσης: 11,64 % κ.ο.

h το βάθος του ριζοστρώματος: 1 m

c το όριο εξάντλησης της υγρασίας: 0,55

P το ποσοστό διαβροχής: 100%

ASW το Φαινόμενο Ειδικό Βάρος του εδάφους: 1,23 g m⁻³

Επομένως $I_d = 64,67$ mm.

Εν συνεχεία υπολογίζεται η πρακτική δόση άρδευσης (I_{da}):

$$I_{da} \text{ (mm)} = \frac{I_d}{0,95} \quad (6.12)$$

Όπου 0,95 το ποσοστό ωφελιμότητας του νερού άρδευσης.

Επομένως μετά τις πράξεις, $I_{da} = 68,07 \text{ mm}$.

Εν συνεχεία υπολογίζεται το ωριαίο ύψος βροχής (I_{dh}) από την παρακάτω σχέση.

$$I_{dh} = \frac{q \cdot n}{S_r \cdot S_t} \quad (6.13)$$

Όπου:

q η παροχή του σταλακτήρα: $3,6 \text{ L h}^{-1}$

S_r η ισαποχή των γραμμών σποράς: $0,8 \text{ m}$

S_t η ισαποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς: $0,14 \text{ m}$

Και n ο αριθμός σταλακτάρων ανά φυτό ο οποίος δίνεται από τη σχέση:

$$n = \frac{S_t}{2 \cdot S_e} \quad (6.14)$$

όπου:

S_e η ισαποχή σταλακτάρων: $0,6 \text{ m}$

Ο αριθμός 2 αναφέρεται στην τοποθέτηση των αγωγών εφαρμογής (σειρά παρά σειρά).

Επομένως $n = 0,12$ σταλάκτες ανά φυτό

και $I_{dh} = 3,75 \text{ mm h}^{-1}$

Τέλος, η διάρκεια άρδευσης (I_t) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I_t \text{ (h)} = \frac{I_{da}}{I_{dh}} \quad (6.15)$$

ώρα $I_t = 18 \text{ h } 8' 55''$

ο υπολογισμός του εύρους άρδευσης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I_r (d) = \frac{I_d}{E_{td}} \quad (6.16)$$

Όπου:

E_{td} η μέση ημερήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή (mm).

Εάν αυτή για παράδειγμα θεωρηθεί ίση με 7 mm τότε το εύρος άρδευσης υπολογίζεται σε περίπου 9 ημέρες, ενώ για 6,5 mm το εύρος άρδευσης υπολογίζεται σε 10 ημέρες.

Η παραπάνω μεθοδολογία άρδευσης καλό θα ήταν να μη χρησιμοποιείται κατά κόρον, ειδικά σε φυτά ευαίσθητα στην έλλειψη νερού, διότι αφ' ενός η ημερήσια εξατμηση κατά τη διάρκεια ενός μήνα δεν είναι ποτέ σταθερή, και αφετέρου διότι απαιτούνται συνήθως πολύ μεγάλοι χρόνοι λειτουργίας του συστήματος.

6.5.2 Πρακτικός τρόπος υπολογισμών των δόσεων άρδευσης

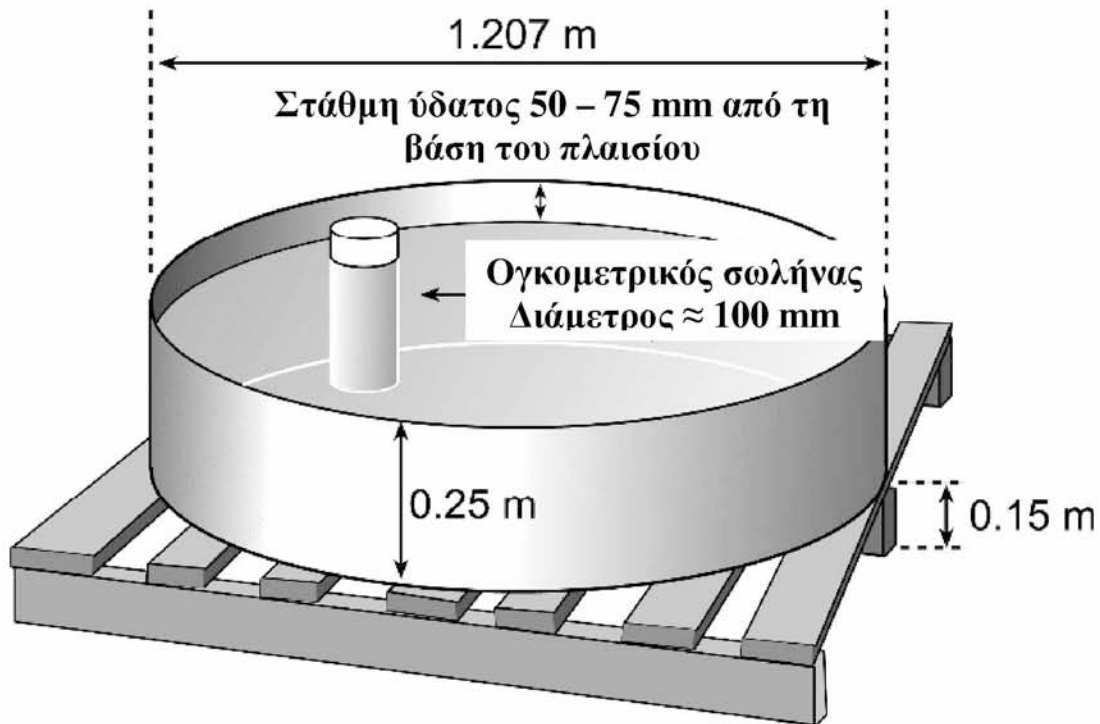
Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την άρδευση της καλλιέργειας ήταν αυτή του εξατμισιμέτρου τύπου Α. Το εξατμισιμέτρο Α τάξης (βλ. παρακάτω σχήμα 6.5) αποτελείται από μία κυλινδρική λεκάνη από γαλβανισμένη λαμαρίνα και έχει διάμετρο 120,7 cm και βάθος 25 cm. Η τοποθέτηση της γίνεται επάνω σε ειδική ξύλινη βάση σε ύψος 15 cm από την επιφάνεια του εδάφους και οριζοντιώνεται. Εντός της λεκάνης βρίσκεται γυάλινος ογκομετρικός σωλήνας μήκους 28,5 cm και διαμέτρου 100 mm. Η χωρητικότητα του σωλήνα είναι 50 ml με διακριτικότητα 0,1 mL και σφάλμα ανάγνωσης τα 0,05 mL.

Ειδικότερα ο καθορισμός των δόσεων άρδευσης βασίστηκε στην ημερήσια ένδειξη εξατμησης του εξατμισιμέτρου τύπου Α το οποίο τοποθετήθηκε εγγύς του πειραματικού αγρού, πολλαπλασιάζοντας πάντα με το συντελεστή του εξατμισιμέτρου ($K_{εξ} = 0,80$) και τον φυτικό συντελεστή K_c της καλλιέργειας.

Η σχέση που διέπει τη βασική εξατμηση είναι η:

$$ETP = K_{εξ} \cdot E_{pan} \quad (6.17)$$

Ο παράγοντας E_{pan} εκφράζει τη μέση εξατμηση του εικοσιτετραώρου σε mm d^{-1} και $K_{εξ}$ είναι ο συντελεστής διόρθωσης του εξατμισιμέτρου (0,80).



Σχήμα 6.5: Σχέδιο εξατμισιμέτρου τύπου Α.

Εν συνεχεία η εν λόγω ημερήσια τιμή εξάτμισης πολλαπλασιάστηκε με το φυτικό συντελεστή του γλυκού σόργου με σκοπό τον προσδιορισμό της ημερήσιας τιμής εξατμισοδιαπνοής της φυτείας. Για τα κλιματικά δεδομένα του υποτροπικού Μεσογειακού θέρους της Θεσσαλίας η τιμή του K_c είναι μεταβαλλόμενη και εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας (FAO, 1977).

Με τον τρόπο αυτό υπολογιζόταν σε ημερήσια βάση η τιμή της πρακτικής δόσης άρδευσης για την επιφανειακή στάγδην μέθοδο στο 100% των απαιτήσεων σε αρδευτικό νερό.

$$I_{da_{επ}} \text{ (mm)} = E_{pan} \cdot E_{εξ} \cdot K_c \quad (6.18)$$

Όλες οι μεταχειρίσεις έλαβαν, ανά τακτά χρονικά διαστήματα και για την περίοδο από 9 Μαΐου έως και 5 Νοεμβρίου την ποσότητα νερού που τους αναλογούσε με σκοπό την κάλυψη των αναγκών της φυτείας σε mm εξάτμισης (βλ. παραπάνω πίνακα 6.2).

Η εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού κάθε άρδευσης καθορίστηκε με τη βοήθεια εξατμισιμέτρου τύπου Α, με βάση την αθροιστική εξατμισοδιαπνοή από την προηγούμενη άρδευση, λαμβάνοντας υπόψη και τις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής (για παράδειγμα δεν πραγματοποιήθηκαν αρδεύσεις μετά από περίοδο υψηλών βροχοπτώσεων ή πριν η υγρασία του εδάφους βρεθεί σε τιμές πλησίον και

κάτω της τιμής της υδατοϊκανότητας για το κομμάτι του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών).

Στην υπόγεια άρδευση επειδή ελαχιστοποιούνται οι απώλειες λόγω εξάτμισης και πραγματοποιείται άμεσα η εφαρμογή του αρδευτικού νερού στο ενεργό ριζόστρωμα των φυτών, μειώθηκε η χορηγούμενη δόση άρδευσης κατά 20% έναντι της επιφανειακής στάγδην άρδευση. Σκοπός αυτής της διαφοροποίησης ήταν ο υπολογισμός της εξοικονόμησης και αποδοτικότητας του αρδευτικού νερού με τη χρήση της υπόγεια στάγδην άρδευσης σε μειωμένες αναλογικά χορηγούμενες δόσεις.

Έτσι η πρακτική δόση άρδευσης για την υπόγεια στάγδην άρδευση, αλλά και την επιφανειακή στάγδην που αρδεύτηκε υπό το καθεστώς των μειωμένων εισροών, υπολογίστηκε με βάση την αντίστοιχη της επιφανειακής, μειωμένη σε ποσοστό 20%.

$$I_{d_{\text{υπ}}} \text{ (mm)} = I_{d_{\text{επ}}} \cdot 80\% \quad (6.19)$$

Οι δόσεις άρδευσης, όπως αυτές καθορίστηκαν με βάση την ημερήσια εξατμισοδιαπνοή, η ημερήσια εξάτμιση, η βροχόπτωση και η ενεργός βροχόπτωση, για την κάθε μέθοδο και για το σύνολο των ετών, απεικονίζονται σε αντίστοιχο πίνακα στο παράρτημα της διατριβής.

Εκείνο που προέχει είναι το άθροισμα των ημερήσιων ενδείξεων του εξατμισομέτρου να μην ξεπερνά μία συγκεκριμένη τιμή για ένα σύνολο ημερών. Σε αντίθετη περίπτωση υπάρχει μεγάλη πιθανότητα η υγρασία του εδάφους να πλησιάσει την τιμή του σημείου μόνιμης μάρανσης, κάτι βέβαια που θα ήταν καταστροφικό για την καλλιέργεια. Η τιμή αυτή που καθορίζει το όριο για την απαρχή μίας νέας άρδευσης προκύπτει από τους υπολογισμούς της πρώτης φάσης (θεωρητικός τρόπος υπολογισμών) και εν προκειμένω είναι ίση με την τιμή της πρακτικής δόσης άρδευσης ($I_{d_a} = 68 \text{ mm}$).

6.6 Στατιστική επεξεργασία

6.6.1 Γενικά

Για τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων ύψους, φυλλικής επιφάνειας, χλωρής και ξηρής βιομάζας του γλυκού σόργου χρησιμοποιήθηκαν τα στατιστικά πακέτα SPSS και Surfer 7. Ειδικότερα με το δεύτερο δόθηκε η δυνατότητα αποτύπωσης της εξέλιξης και ανάπτυξης της καλλιέργειας στο επίπεδο αλλά και στο χώρο καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

6.6.2 Η μέθοδος της γεωστατιστικής

6.6.2.1 Εισαγωγή

Όπως είναι γνωστό, οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους μεταβάλλονται από σημείο σε σημείο, τόσο στο επίπεδο ενός χωραφιού όσο και στο επίπεδο της έκτασης ενός αρδευτικού δικτύου (Τζιμόπουλος, 2009 και 2010). Για την ανάλυση και εκτίμηση αυτής της χωρικής μεταβλητότητας, είμαστε υποχρεωμένοι να καταφεύγουμε είτε στην κλασική Στατιστική, είτε στη Γεωστατιστική (Webster, 1985).

Μέχρι το 1962 η μελέτη των ιδιοτήτων του εδάφους γινόταν με μεθόδους της κλασικής Στατιστικής. Η κλασική στατιστική προσέγγιση της περιγραφής των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους εισάγει τις παρατηρήσεις μιας δεδομένης ιδιότητας (Υδραυλική αγωγιμότητα, πορώδες, κ.λ.π.) σαν στατιστικά ανεξάρτητες μεταβλητές, χωρίς να ενδιαφέρεται για τη χωρική τους θέση. Εντούτοις η μακροχρόνια παρατήρηση οδήγησε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει μια δεδομένη χωρική διεύθυνση του φυσικού πορώδους μέσου, την οποία η κλασική Στατιστική αγνοεί.

Η εισαγωγή της θεωρίας των περιφερειακών μεταβλητών (Regionalized variables) παρέχει σήμερα τη βάση της ποιοτικής περιγραφής της χωρικής μεταβλητότητας του εδάφους για την εκτίμηση των φυσικών ιδιοτήτων του. Ο Matheron το 1962, από το Centre de Géostatistique de Fontainebleau, εισήγαγε τη θεωρία των περιφερειακών μεταβλητών και χρησιμοποίησε τον όρο Γεωστατιστική, ορίζοντας ότι:

«Γεωστατιστική είναι η εφαρμογή της θεωρίας των τυχαίων συναρτήσεων, για την αναγνώριση και εκτίμηση των φυσικών φαινομένων».

Η όλη θεωρία του Matheron βασίστηκε σε μεγάλο μέρος στην πρακτική εμπειρία των Μεταλλειολόγων Μηχανικών και στόχευσε να δώσει αφενός τον τρόπο της χωρικής συσχέτισης των φυσικών παραμέτρων του εδάφους (Τεχνική του Variogram) και αφετέρου την καλύτερη δυνατή εκτιμήτρια (BLUE) με την τεχνική του Kriging.

Αργότερα οι Journel και Huibregts το 1978, επίσης από το Centre de Géostatistique de Fontainebleau, δημοσίευσαν το κλασικό πλέον σύγγραμμά τους “Mining Geostatistics”, στο οποίο περιγράφεται όλη η θεωρία των περιφερειακών μεταβλητών σε προβλήματα Μεταλλειολόγου Μηχανικού. Ο Delhomme (1976), από το Centre de Géostatistique de Fontainebleau, εισήγαγε στη Διδακτορική του εργασία “Application de la theorie de variables regionales dans les sciences de l’eau”, τη θεωρία των περιφερειακών μεταβλητών στην Υδραυλική Επιστήμη και εφάρμοσε την τεχνική Kriging στην περίπτωση του προσδιορισμού των διοχετευτικότητων του αλλουβιακού υδροφορέα της Lower Durance της Γαλλίας (Delhomme, 1978) και άλλων περιοχών (Delhomme, 1979).

Οι Vauclin et al. το 1981 και 1983 χρησιμοποίησαν την τεχνική του Kriging και Cokriging για την εκτίμηση της αθροιστικής διήθησης και άλλων φυσικών παραμέτρων, ενώ το 1985 στο Συνέδριο της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης οι Τζιμόπουλος και συνεργάτες και το 1986 οι Tzimopoulos et al. παρουσιάζουν τη μέθοδο του variogram, για την εκτίμηση της Υδραυλικής αγωγιμότητας κορεσμού σε αγρόκτημα πλησίον του Λουδία. Την ίδια χρονική περίοδο ο Webster (1985) δίνει μια λεπτομερή περιγραφή της θεωρίας των περιφερειακών μεταβλητών για τον προσδιορισμό των Υδροδυναμικών παραμέτρων του εδάφους.

6.6.2.2 Προσδιορισμοί και ορολογίες

Μια περιφερειακή μεταβλητή χαρακτηρίζει ένα χωρικό φαινόμενο που παρουσιάζει μια κάποια δομή (Matheron, 1962). Στην πραγματικότητα όλες οι μεταβλητές που περιγράφουν:

- το υπέδαφος,
- την ατμόσφαιρα,
- τις γεωργικές αποδόσεις,

μπορούν να θεωρηθούν σαν περιφερειακές μεταβλητές (ReV), παριστάνοντας μια ανωμαλία ή μια χωρική μεταβλητότητα, χωρίς να είναι δυνατή η έκφρασή τους με μια απλή μαθηματική συνάρτηση και έτσι αναγκαζόμαστε να τους δώσουμε μια πιθανολογική ερμηνεία, θεωρώντας ότι η ReV $z(x)$ αποτελεί μια ιδιαίτερη πραγματοποίηση μιας τυχαίας συνάρτησης (RF).

Η τυχαία συνάρτηση (RF) ορίζεται ως εξής:

Σε κάθε σημείο x_0 του μελετώμενου χώρου αντιστοιχεί μια τυχαία μεταβλητή (RV) $Z(x_0)$ και η τιμή του φαινομένου $z(x)$ στο σημείο x_0 θεωρείται σαν μια από τις πραγματοποιήσεις του. Η τυχαία αυτή μεταβλητή (RV) $Z(x_0)$ εξαρτιέται από τυχαίες μεταβλητές που αντιστοιχούν στα γειτονικά σημεία του x_0 . Το σύνολο λοιπόν όλων των τυχαίων μεταβλητών συνιστά μια τυχαία συνάρτηση (RF), $Z(x)$, της οποίας κάθε πραγματοποίηση ορίζει μια κατανομή του φαινομένου στον μελετώμενο χώρο.

Μια τυχαία συνάρτηση (RF) θα προσδιοριστεί από το χωρικό νόμο, δηλαδή τη συνάρτηση κατανομής:

$$F(x_1, x_2, \dots, x_k) = \text{Prob} [z(x) < z_1, \dots, z(x_k) < z_k] \quad (6.20)$$

Η εκτίμηση όλων των νόμων κατανομής της τυχαίας συνάρτησης δεν είναι δυνατή, όταν διαθέτουμε μια μόνο πραγματοποίηση του φαινομένου. Η εισαγωγή όμως των υποθέσεων της μονιμότητας και της εργοδικότητας, περιορίζουν τις παραμέτρους της τυχαίας μεταβλητής και επιτρέπουν τη στατιστική ανάλυση από μια μόνο πραγματοποίηση.

6.6.2.3 Ροπές

Μαθηματική επέκταση ή πρώτης τάξεως ροπή.

Θεωρούμε την τυχαία μεταβλητή (RV) $Z(x)$ στο σημείο x . Εάν η συνάρτηση κατανομής της $Z(x)$ έχει μια προσδοκητή τιμή, η μαθηματική προσδοκία είναι συνάρτηση της x και γράφεται:

$$E\{Z(x)\} = m(x) \quad (6.21)$$

Ροπές δεύτερης τάξης.

(i) Η μεταβλητότητα ή η a priori μεταβλητότητα της $Z(x)$.

Όταν η μεταβλητότητα αυτή υπάρχει, ορίζει σαν κεντρική ροπή δεύτερης τάξης της τυχαίας μεταβλητής $Z(x)$:

$$\text{Var}\{Z(x)\} = E\{X[Z(x) - m(x)]^2\} \quad (6.22)$$

.

.

6.6.3 Θεωρία Γεωστατιστικής

6.6.3.1 Θεωρία των περιφερειακών μεταβλητών

6.6.3.1.1 Γενικά

Όλες οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους μπορούν να χαρακτηριστούν από μια χωρική κατανομή, ορισμένων χαρακτηριστικών μετρήσιμων ποσοτήτων που ονομάζονται περιφερειακές μεταβλητές (Regionalized Variables).

Η γεωστατιστική προσέγγιση τέτοιων φυσικών προβλημάτων βασίζεται στην χωρική δομή που παρουσιάζουν όλες οι περιφερειακές μεταβλητές. Η ορθή μαθηματική μελέτη των μεταβλητών αυτών είναι δύσκολη και παρουσιάζει σημαντικές αποκλίσεις, διότι η χωρική μεταβλητότητα είναι συνήθως εξαιρετικά ασταθής, με όλα τα είδη της ασυνέχειας και των ανισοτροπιών. Σύμφωνα με τους A.G.Journel & C.J.Huijbregts, είναι ανεπίτρεπτο να ερμηνεύονται οι αριθμητικές τιμές μιας περιφερειακής μεταβλητής $z(x)$, ως ανεξάρτητες πραγματοποιήσεις μιας τυχαίας συνάρτησης $Z(x)$, διότι αυτή η θεώρηση δεν παίρνει υπόψη τη χωρική αυτοσυσχέτιση μεταξύ δύο γειτονικών τιμών $z(x+h)$ και $z(x)$. Στη γεωστατιστική οι δύο ανεξάρτητες όψεις, της τυχειότητας και της χωρικής δομής, που χαρακτηρίζουν τις περιφερειακές μεταβλητές, αποτελούν μια τυχαία συνάρτηση (Random Function).

Αν θεωρηθεί μία τυχαία συνάρτηση $Z(x)$, τότε για κάθε σύνολο των k σημείων του n -διάστατου χώρου R^n , x_1, x_2, \dots, x_k , που καλούνται σημεία βάσης, αντιστοιχούν k διανυσματικές συνιστώσες τυχαίων μεταβλητών $\{Z(x_1), Z(x_2), \dots,$

$Z(x_k)$. Αυτή η διανυσματική τυχαία μεταβλητή χαρακτηρίζεται από την k μεταβλητή συνάρτηση κατανομής:

$$F_{x_1, x_2, \dots, x_n}(z_1, z_2, \dots, z_k) = \text{Prob}[Z(x_1) < z_1, Z(x_2) < z_2, \dots, Z(x_k) < z_k] \quad (6.23)$$

Το σύνολο όλων αυτών των συναρτήσεων κατανομής και για όλους τους φυσικούς αριθμούς k και για κάθε δυνατή επιλογή των σημείων βάσεως του χώρου R_n , απαρτίζουν το Χωρικό Νόμο της τυχαίας συνάρτησης $Z(x)$.

Σε συνηθισμένα προβλήματα η εισαγωγή του χωρικού νόμου για την επίλυση τους, χρησιμοποιείται σπάνια και αυτό διότι οι ροπές 1^{ης} και 2^{ης} τάξης του νόμου αυτού είναι ικανές να αποδώσουν ικανοποιητικές λύσεις.

6.6.3.1.2 Βαριόγραμμα ή διάγραμμα μεταβλητότητας (Variogram)

Θεωρούμε την τυχαία συνάρτηση $Z(x)$ και τις πραγματοποιήσεις αυτής σε δύο τυχαία διαφορετικά σημεία του δειγματικού χώρου S , x_1 και x_2 που απέχουν απόσταση h .

Ορίζεται ως συνάρτηση βαριογράμματος και συμβολίζεται $2\gamma(x, h)$, η μαθηματική προσδοκία της τυχαίας μεταβλητής $\{[Z(x_1) - Z(x_2)]^2\}$ ή $\{[Z(x+h) - Z(x)]^2\}$ και η οποία αντιπροσωπεύει την μεταβλητότητα της αύξησης $[Z(x+h) - Z(x)]$ δηλαδή:

$$2\gamma(x, h) = E[(Z(x+h) - Z(x))^2] \quad (6.24)$$

Το βαριόγραμμα αποτελεί τη θεμελιώδη εσωτερική συνάρτηση διασποράς της γεωστατιστικής και είναι μια 2^{ης} τάξης στατιστική ροπή. Στη γενική περίπτωση είναι συνάρτηση τόσο του σημείου x όσο και της απόστασης h . Πολλές φορές στην πράξη αντί της συνάρτησης του βαριογράμματος χρησιμοποιείται το ημι-βαριόγραμμα $\gamma(x, h)$.

6.6.3.2 Γεωστατιστικές Υποθέσεις

Από τον ορισμό της συµμεταβλητότητας και του βαριογράμματος προκύπτει ότι για τη στατιστική ανάλυση των ανωτέρω απαιτούνται πολλές πραγματοποιήσεις του ζεύγους των τυχαίων μεταβλητών $[Z(x_1), Z(x_2)]$, οι οποίες στην πράξη σπάνια διατίθενται.

Εάν όμως αυτές οι συναρτήσεις εξαρτώνται μόνο από την απόσταση των δύο σημείων (δηλαδή μόνο από το διάνυσμα $h = x_1 - x_2$ που χωρίζει τα x_1 και x_2), τότε

είναι δυνατή η στατιστική ανάλυση, διότι κάθε ζεύγος δεδομένων $[Z(x_k), Z(x_{k'})]$ που χωρίζεται από την απόσταση $h = x_k - x_{k'}$, μπορεί να θεωρηθεί ως διαφορετική πραγματοποίηση των ζευγών $[Z(x_1), Z(x_2)]$.

Στην πράξη λοιπόν και για ομοιογενή γεωστατιστικά φαινόμενα, η συσχέτιση η οποία υπάρχει μεταξύ δύο δεδομένων τιμών $Z(x_k)$ και $Z(x_{k'})$ δεν εξαρτιέται από την ιδιαίτερη θέση τους, εντός της ζώνης αλλά από την απόσταση η οποία χωρίζει αυτές.

Εισάγεται τώρα η έννοια της Στασιμότητας, σύμφωνα με την οποία μια τυχαία συνάρτηση RF $Z(x)$, ονομάζεται στάσιμη όταν οι ροπές μέχρι και η τάξης παραμένουν αναλλοίωτες με απλή μετάθεση της τυχαίας μεταβλητής x . Έτσι θεωρείται ότι οι μετρήσεις που γίνονται σε μια περιοχή εξαρτώνται μόνο από την απόσταση h , που απέχουν τα σημεία μέτρησης και όχι από την ακριβή τους θέση μέσα στο δειγματικό χώρο S . Σύμφωνα με τα παραπάνω γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι από ένα στατιστικό δείγμα μετρήσεων είναι δυνατό να ληφθούν περισσότερα από ένα ζεύγη παρατηρήσεων $[Z(x), Z(x+h)]$, τα οποία και θεωρούνται ως διαφορετικές πραγματοποιήσεις του ζεύγους των τυχαίων μεταβλητών $[Z(x_1), Z(x_2)]$. Μία μερική περίπτωση της αυστηρής στασιμότητας η τάξης, αποτελεί η Στασιμότητα 2^{ης} τάξης.

Σύμφωνα με αυτή θεωρείται ότι η απλή μετάθεση της ανεξάρτητης μεταβλητής x , δεν επηρεάζει και αφήνει αναλλοίωτες τις ροπές μέχρι και 2^{ης} τάξεως οι οποίες ορίζονται ως εξής:

- Μαθηματική προσδοκία

Η μαθηματική προσδοκία είναι ανεξάρτητη από την μεταβλητή x :

$$E[Z(x)] = m, \quad \text{οπου } m = \text{σταθερο } \forall x \in S \quad (6.25)$$

- Συμμεταβλητότητα (Covariance)

Για όλα τα ζεύγη τιμών $[Z(x), Z(x+h)]$ υπάρχει η συμμεταβλητότητα, η οποία είναι συνάρτηση μόνο της απόστασης h :

$$Cov[Z(x), Z(x+h)] = E[(Z(x) - m)(Z(x+h) - m)] = C(h), \quad \rightarrow Cov(h) = C(h) \quad (6.26)$$

Λόγω της παραπάνω σχέσης βγαίνει το συμπέρασμα ότι οι υπόλοιπες ροπές 2^{ης} τάξης είναι και αυτές ανεξάρτητες του x και εξαρτώνται από την απόσταση h έτσι:

$$Var[Z(x)] = E[(Z(x) - m)^2] = C(0), \quad (6.27)$$

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E[(Z(x+h) - Z(x))^2] = C(0) - C(h), \quad (6.28)$$

Η ύπαρξη της συµµεταβλητότητας συνεπάγεται την ύπαρξη του βαριογράµµατος µε την προϋπόθεση ότι υπάρχει µια α ριγοί πεπερασµένη µεταβλητότητα και υπό αυτές τις συνθήκες το βαριογράµµα και η συµµεταβλητότητα αποτελούν ισοδύναµα εργαλεία της γεωστατιστικής.

Στη φύση όμως ορισµένα φαινόµενα δεν έχουν µια πεπερασµένη α ριγοί µεταβλητότητα, αλλά παρουσιάζουν µια άπειρη ικανότητα διασποράς. Το παραπάνω φαινόµενο οδηγεί στην εισαγωγή µιας νέας ασθενέστερης υπόθεσης που ονοµάζεται Εσωτερική Υπόθεση.

Αναλυτικότερα µια τυχαία συνάρτηση RF $Z(x)$ θα ονοµάζεται εσωτερική όταν είναι στάσιµες οι ροπές πρώτης τάξης, ενώ από τις ροπές δεύτερης τάξης παραµένει στάσιµη µόνο η συνάρτηση του βαριογράµµατος:

$$E[Z(x)] = m, \quad \text{οπου } m = \text{σταθερο } \forall x \in S \quad (6.29)$$

$$2\gamma(h) = \text{var}[Z(x+h) - Z(x)] = E\left[[Z(x+h) - Z(x)]^2\right] \quad (6.30)$$

Σύµφωνα λοιπόν µε τα παραπάνω προκύπτει ότι η εσωτερική υπόθεση αποτελεί “ικανή” αλλά όχι “αναγκαία” συνθήκη της γενικότερης συνθήκης στασιµότητας 2^{ης} τάξης. Αξίζει να σηµειωθεί ότι η αναφορά που γίνεται µέχρι τώρα αφορά μέσους όρους συνόλων, δηλαδή μέσους όρους µιας σειράς πραγµατοποιήσεων.

Στην πράξη όμως είναι διαθέσιµη συνήθως µόνο µία τέτοια πραγµατοποίηση. Για το λόγο αυτό εισάγεται η έννοια της Εργοδικότητας, σύµφωνα µε την οποία κάθε µεµονωµένη πραγµατοποίηση της τυχαίας συνάρτησης RF $Z(x)$, από το σύνολο v ($v \rightarrow \infty$) πραγµατοποιήσεων της, είναι πλήρης και αντιπροσωπευτική όλων των πραγµατοποιήσεων αυτής. Σύµφωνα µε την αρχή της εργοδικότητας µπορούν να αντικατασταθούν όλες οι ροπές που αναφέρονται σε διακεκριµένα σύνολα παρατηρήσεων µε τις πραγµατικές ροπές του πληθυσµού.

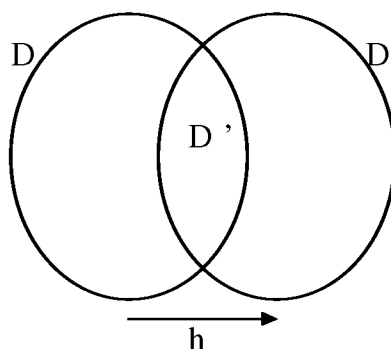
$$(i) \quad E[Z(x)] = m = \frac{1}{D} \int_D Z(x) dx \quad (6.31)$$

$$(ii) \quad \text{var}[Z(x)] = E\left[[Z(x) - m]^2\right] = \frac{1}{D} \int_D [Z(x) - m]^2 dx \quad (6.32)$$

$$(iii) \quad \text{Cov}[Z(x), Z(x+h)] = E\left[[Z(x) - m] \cdot [Z(x+h) - m]\right] \\ = \frac{1}{D'} \int_{D'} [(Z(x) - m) \cdot (Z(x+h) - m)] dx, \quad (6.33)$$

$$(iv) \quad \gamma(Z(x), Z(x+h)) = \frac{1}{2} E\left[[Z(x+h) - Z(x)]^2\right] = \frac{1}{2D'} \int_{D'} [Z(x+h) - Z(x)]^2 dx \quad (6.34)$$

Στις δύο τελευταίες ροπές δεύτερης τάξης η ολοκλήρωση γίνεται ως προς το χώρο D' που αποτελεί την τομή του χώρου D και της μετάθεσης αυτού κατά h (σχήμα 6.6).



Σχήμα 6.6: Μετάθεση χώρου D κατά την απόσταση h .

6.6.3.3 Πειραματικό ημι-βαριόγραμμα

Αν θεωρηθεί η εσωτερική περιφερειακή μεταβλητή $Z(x)$ και οι ιδιαίτερες πραγματοποιήσεις αυτής $\{Z(x_1), Z(x_2), \dots, Z(x_n)\}$ σ'ένα σύνολο πειραματικών σημείων x_1, x_2, \dots, x_n , τότε είναι δυνατόν να υπολογιστεί ένα πειραματικό ημι-βαριόγραμμα για δεδομένες αποστάσεις h μεταξύ των σημείων παρατήρησης. Το πειραματικό αυτό ημι-βαριόγραμμα δίνεται από τη σχέση:

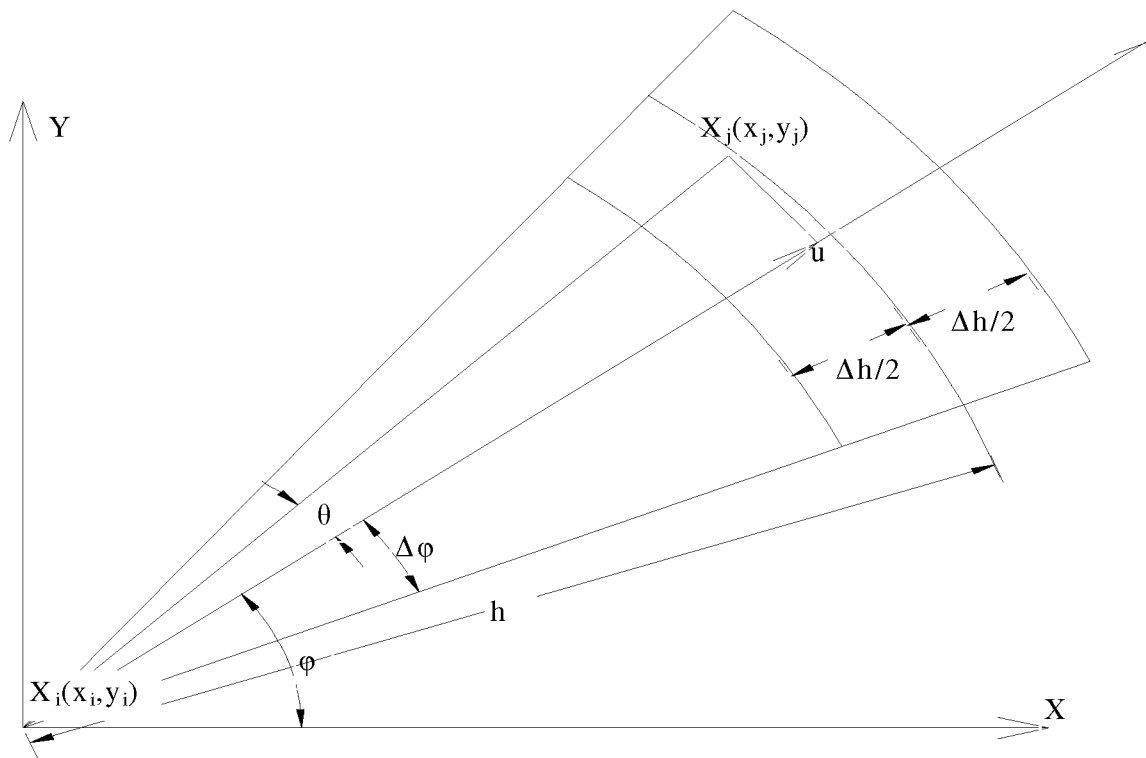
$$\gamma(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2 \quad (6.35)$$

όπου $Z(x_i)$, $Z(x_i+h)$ είναι οι πειραματικές τιμές στα αντίστοιχα σημεία x_i και x_i+h και N είναι ο αριθμός των ζευγών $[Z(x_i), Z(x_i+h)]$ που απέχουν απόσταση h .

Οι τιμές του ημι-βαριογράμματος που υπολογίζονται από τη παραπάνω σχέση σχεδιάζονται σε ορθοκανονικό σύστημα καρτεσιανών συντεταγμένων με τετμημένη την απόσταση h και τεταγμένες τις τιμές που υπολογίζονται για το ημι-βαριόγραμμα από τη παραπάνω σχέση.

Τις περισσότερες φορές τα σημεία μετρήσεων δεν είναι ομοιόμορφα κατανομημένα στο χώρο μελέτης.

Όπως γίνεται αντιληπτό είναι θεωρητικά και πρακτικά αδύνατο να βρεθούν περισσότερα από ένα ζεύγη σημείων που να απέχουν την σταθερή απόσταση h . Για τον λόγο αυτό γίνεται μια ταξινόμηση των παρατηρήσεων πάνω στο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων δίνοντας μια χωρική ανοχή (Δh) και μια γωνιακή ($\Delta \phi$) όπως φαίνεται στο σχήμα 6.7.



Σχήμα 6.7: Ταξινόμηση παρατηρήσεων με χωρική ανοχή (Δh) και γωνιακή ($\Delta \phi$).

Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται αυτή η ταξινόμηση βασίζεται σε δύο βασικά κριτήρια. Το πρώτο από αυτά δίνεται από τη παρακάτω σχέση και ομαδοποιεί τα ζεύγη ανάλογα με το χωρικό βήμα ανοχής Δh (distance tolerance),

$$i) \quad h - \frac{\Delta h}{2} \leq |d(x_i, x_j)| \leq h + \frac{\Delta h}{2} \quad (6.36)$$

ενώ το άλλο, που δίνεται από τη σχέση που ακολουθεί ομαδοποιεί κατά μια γωνιακή ανοχή $\Delta \phi$ (angle tolerance) πέριξ της βασικής διεύθυνσης ϕ υπολογισμού του βαριογράμματος.

$$ii) \quad |\cos \theta| \geq \cos \Delta \phi \Rightarrow \theta \leq \Delta \phi \quad (6.37)$$

Ο υπολογισμός της γωνίας θ που σχηματίζει η διεύθυνση που ορίζουν τα ζεύγη παρατηρήσεων (x_i, x_j) με την βασική διεύθυνση ϕ και του μέτρου $|d(x_i, x_j)|$ του διανύσματος $x_1 x_2$, γίνεται από τις σχέσεις:

$$|d(x_i, x_j)| = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (6.38)$$

$$\cos\theta = \frac{|u|}{|d(x_i, x_j)|} = \frac{(x_j - x_i) \cos\varphi + (y_j - y_i) \sin\varphi}{\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}} \quad (6.39)$$

όπου u είναι η προβολή του διανύσματος x_1x_2 στη διεύθυνση φ .

Με την παραπάνω διαδικασία για όλα τα ζεύγη των πειραματικών σημείων και για μια δεδομένη κλάση ομαδοποίησης υπολογίζεται το μέσο ημι-βαριόγραμμα της κλάσης αυτής και η μέση απόσταση των ζευγών που αποτελούν αυτήν την κλάση.

6.6.3.3.1 Ιδιότητες της συμμεταβλητότητας και του ημι-βαριογράμματος

Αν θεωρηθεί μια στάσιμη τυχαία συνάρτηση $Z(x)$, με μαθηματική προσδοκία m και συμμεταβλητότητα $C(h)$ ή ημι-βαριόγραμμα $\gamma(h)$ και Y ένας πεπερασμένος γραμμικός συνδυασμός του τύπου:

$$Y = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i) \quad (6.40)$$

για οποιαδήποτε βάρη λ_i .

Ο γραμμικός συνδυασμός είναι μια τυχαία μεταβλητή και η μεταβλητότητα αυτού δεν πρέπει να είναι ποτέ αρνητική ($var[Y] \geq 0$). Σύμφωνα με του Jeckins & Watts η μεταβλητότητα αυτή μπορεί να γραφεί σε μια διγραμμική σχέση της συμμεταβλητότητας που δίνεται από τη σχέση:

$$var[Y] = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \lambda_i \lambda_j C(x_i - x_j) \geq 0 \quad (6.41)$$

Η συνάρτηση συμμεταβλητότητας πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να εξασφαλίζεται η εκ των προτέρω θετική ή μηδενική μεταβλητότητα και καλείται “θετικά ορισμένη”. Με τη βοήθεια των παραπάνω σχέσεων μπορούμε να εισάγουμε και τη συνάρτηση του ημι-βαριογράμματος οπότε έχουμε:

$$var[Y] = C(0) \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \lambda_i \lambda_j - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i - x_j) \quad (6.42)$$

Ο χαρακτηρισμός της συνάρτησης της συµµεταβλητότητας $C(h)$ ως “θετικά ορισµένης”, συνεπάγεται τις ακόλουθες ιδιότητες:

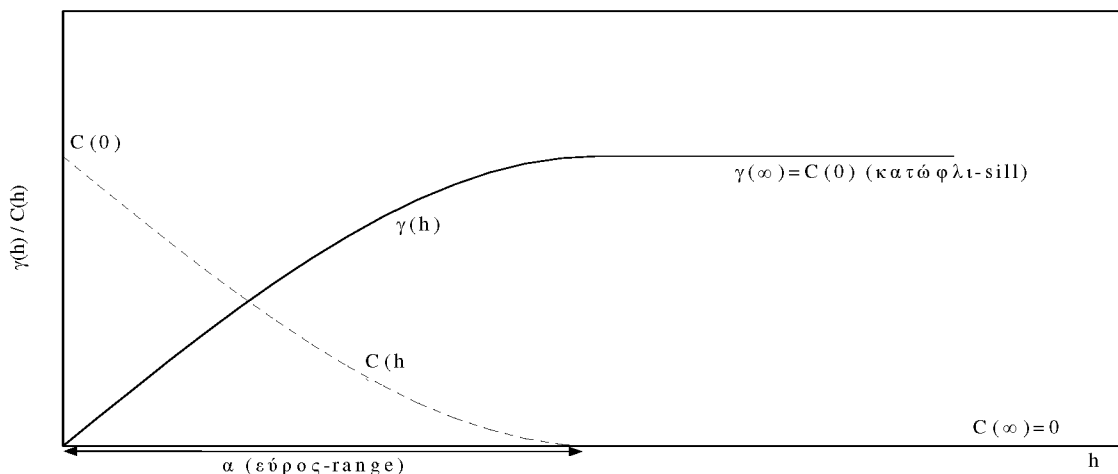
- $C(0) = \text{var}[Z(x)] \geq 0$, μια a priori µεταβλητότητα δεν µπορεί να είναι αρνητική.
- $C(h) = C(-h)$, η συµµεταβλητότητα είναι μια άρτια συνάρτηση.
- $|C(h)| \leq C(0)$, ανισότητα του Schwarz.

Γενικά ο βαθµός συσχέτισης µεταξύ δύο γειτονικών µεταβλητών $Z(x)$ και $Z(x+h)$ µειώνεται όσο αυξάνεται η µεταξύ τους απόσταση h , έτσι στη γενική περίπτωση η συνάρτηση της συµµεταβλητότητας είναι φθίνουσα συνάρτηση της απόστασης, ξεκινώντας από μια αρχική τιμή στην αρχή των αξόνων την $C(0)$.

Στην αντίθετη περίπτωση και λόγω της σχέσεως:

$$\text{var}[Y] = -\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i - x_j) \quad (6.43)$$

το ηµι-βαριόγραµµα αυξάνει όσο αυξάνει η απόσταση των σηµείων παρατήρησης ξεκινώντας από τη δική του αρχική τιμή $\gamma(0)$, που συνήθως τείνει στο 0.



Σχήµα 6.8: Τυπικό διάγραµµα συµµεταβλητότητας και ηµι-βαριογράµµατος.

Πολύ συχνά, η συσχέτιση µεταξύ δύο µεταβλητών $Z(x)$ και $Z(x+h)$ εξαφανίζεται όταν η απόσταση h , γίνει πολύ µεγάλη.

$$C(h) \rightarrow 0 \text{ όταν } |h| \rightarrow \infty. \quad (6.44)$$

Στην πράξη όμως μπορούμε να τοποθετήσουμε $C(h)=0$ όταν $|h| \geq a$. Η χαρακτηριστική αυτή τιμή a της απόστασης h ονομάζεται “εύρος επιρροής” και παριστά το όριο μεταξύ συσχετιζόμενων και ασυσχέτιστων παρατηρήσεων.

Ο ορισμός του βαριογράμματος, ως «η μεταβλητότητα της αύξησης» εισάγει τις παρακάτω ιδιότητες:

$$\bullet \gamma(0) = 0 \quad (6.45)$$

$$\bullet \gamma(h) = \gamma(-h) \geq 0 \quad (6.46)$$

Στη γενική περίπτωση, αλλά όχι πάντα, όσο αυξάνει η απόσταση h , η μέση τετραγωνική απόκλιση μεταξύ των τυχαίων μεταβλητών $Z(x+h)$ και $Z(x)$ έχει την τάση να αυξάνει συμπαρασύροντας και το βαριόγραμμα σε αύξηση από μια αρχική μηδενική τιμή. Στην πράξη το βαριόγραμμα τείνει να σταθεροποιηθεί και πέρα από την απόσταση “ a ”, που ορίζει το εύρος συσχετιζόμενων και ασυσχέτιστων τιμών, παίρνει τιμές περίξ μια σταθερής τιμής, που ονομάζεται κατώφλι (sill) και ταυτίζεται με την γνωστή *a priori* μεταβλητότητα.

$$\gamma(\infty) = \text{var}[Z(x)] = C(0) \quad (6.47)$$

Τέτοια ημι-βαριογράμματα, τα οποία παρουσιάζουν κατώφλι και εύρος επιρροής συχνά ονομάζονται και μεταβατικά μοντέλα (transition models) και αντιστοιχούν σε μια τυχαία συνάρτηση η οποία δεν υπακούει μόνο στην εσωτερική υπόθεση αλλά και στην υπόθεση της στασιμότητας 2^{ης} τάξης.

Πολλές φορές κατά τη μελέτη γεωστατιστικών φαινομένων παρατηρείται στο διάγραμμα της συνάρτησης του βαριογράμματος μια ασυνέχεια στην αρχή των αξόνων, που ονομάζεται Φαινόμενο Σβώλου (nugget effect) και συμβολίζεται C_0 . Το παραπάνω φαινόμενο εμφανίζεται λόγω της ύπαρξης μεταβλητότητας μεταξύ των παρατηρήσεων που απέχουν απόσταση μικρότερη από το χωρικό βήμα μελέτης h . Η ασυνέχεια αυτή μπορεί να οφείλεται σε λάθη παρατήρησης αλλά και σε τοπικές διαταραχές του φαινομένου σε μικροκλίμακες μελέτης.

Οι περιφεριακές μεταβλητές μπορεί να επιδεικνύουν την ίδια συμπεριφορά σε όλες τις κατευθύνσεις, οπότε χαρακτηρίζονται και ως ισότροπες. Στον τρισδιάστατο χώρο, το x αναπαριστά της συντεταγμένες (x_u, x_v, x_w) και το h ένα διάνυσμα με νόρμα $|h|$ και κατεύθυνση ω . Έτσι το $\gamma(h)$ αναπαριστά το σύνολο των ημιβαριογραμμάτων $\gamma(|h|, \omega)$ για κάθε κατεύθυνση ω . Μελετώντας την συμπεριφορά του ημιβαριογράμματος $\gamma(h)$ για διάφορες κατευθύνσεις ω , είναι δυνατό να καθοριστούν ενδεχόμενες ανισοτροπίες.

6.6.3.3.2 Μέθοδοι εκτίμησης βαριογράμματος

Το βαριογράμμα έχει έναν αριθμό ιδιοτήτων οι οποίες μας επιτρέπουν να το εκτιμήσουμε με διαφορετικούς τρόπους. Αν θεωρηθεί μια στάσιμη περιφερειακή μεταβλητή $Z(x)$ τότε οι κυριότερες εκτιμήτριες του βαριογράμματος που έχουν προταθεί στην διεθνή βιβλιογραφία είναι οι παρακάτω:

- Παραδοσιακή εκτιμήτρια του Matheron.

Η εκτιμήτρια αυτή, προτάθηκε από τον Matheron το 1962.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2 \quad (6.48)$$

Αποτελεί την πιο γνωστή εκτιμήτρια και χρησιμοποιείται ευρέως σ' όλα τα φυσικά προβλήματα.

- Εκτιμήτρια των Cressie & Hawkins.

Η εκτιμήτρια αυτή προτάθηκε από τους N.Cressie και D.M.Hawkins το 1980.

$$\gamma_{CH} = \frac{1}{2 \left[0.457 + \frac{0.494}{N} \right]} \frac{1}{N} \left[\sum_{i=1}^N |Z(x) - Z(x+h)|^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6.49)$$

Ο τύπος αυτός προήλθε από ένα μετασχηματισμό της ποσότητας $Y(x) = [(Z(x+h) - Z(x))^2]^\lambda$ και για την τιμή $\lambda = 0,25$.

- Εκτίμηση με βοήθεια της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης.

Για πολλούς σκοπούς, όπως είναι η εκτίμηση των βαρών της μεθόδου Kriging, είναι αρκετό να καθοριστεί ένα σύνολο ημι-βαριογραμμάτων $\gamma(h)$ για όλες τις αποστάσεις h πάνω από μία σταθερά πολλαπλασιασμού. Τότε η εκτίμηση του βαριογράμματος δίνεται από τη σχέση:

$$2\gamma(h) = 2 \text{var}[Z(x)] \cdot [1 - \rho(h)] \quad (6.50)$$

όπου $\rho(h)$ παριστά την αυτοσυσχέτιση, μεταξύ των τιμών της περιφερειακής μεταβλητής $Z(x)$.

Έτσι μια εκτίμηση ενός συνόλου συντελεστών αυτοσυσχέτισης, με μια σταθερή άγνωστη μεταβλητότητα, μπορεί να καθορίσει το σύνολο των βαριόγραμμάτων που χρειαζόμαστε.

• Εκτίμηση με τη βοήθεια μοντέλων ARMA.

Υποθέτοντας προς στιγμή ότι τα δεδομένα βρίσκονται σε ευθεία γραμμή, τότε υπάρχει ένα μοντέλο αυτοσυσχέτισης-κινούμενων μέσων όρων (ARMA), που παριστά το φαινόμενο:

$$\varphi(B)Z(x) = \theta(B)a_x, \quad (6.51)$$

όπου φ και θ είναι οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης και κινούμενων μέσων όρων αντίστοιχα και αποτελούν σειρές του συντελεστή οπίσω διαφορών B , ενώ a_x είναι ο λευκός θόρυβος. Από τα φ και θ και την μεταβλητότητα της σειράς a_x μπορεί να εξαχθεί το βαριόγραμμα $2\gamma(h)$.

6.6.4 Εξισώσεις του Kriging

Έστω μια τυχαία συνάρτηση $Z(x)$, η οποία ορίζεται σ' ένα σημειακό πεδίο ορισμού και είναι στάσιμη δεύτερης τάξης με:

• Μαθηματική προσδοκία $E\{Z(x)\} = m$. (6.52)

• Συμμεταβλητότητα $Cov[Z(x), Z(x+h)] = E[(Z(x)-m)(Z(x+h)-m)] = C(h)$ (6.53)

• Βαριόγραμμα $2\gamma(h) = E\{[Z(x+h)-Z(x)]^2\}$ (6.54)

Εάν υπάρχει μόνο το βαριόγραμμα η τυχαία συνάρτηση $Z(x)$ είναι εσωτερική, απαιτείται η εκτίμηση της μέσης τιμής

$$Z_V(x_0) = \frac{1}{V} \int_{V(x_0)} Z(x) dx \quad (6.55)$$

σ' ένα πεδίο ορισμού $V(x_0)$.

Τα πειραματικά δεδομένα αποτελούν ένα σύνολο διακεκριμένων τιμών $\{Z_\alpha / \alpha=1,2,\dots,n\}$

Η γραμμική εκτιμήτρια Z_k^* αποτελεί ένα γραμμικό συνδυασμό των n δεδομένων τιμών

$$Z_k^* = \sum_{\alpha=1}^n \lambda_\alpha Z_\alpha \quad (6.56)$$

Τα n άγνωστα βάρη λ_α υπολογίζονται κατά τρόπο ώστε να εξασφαλίζουν ότι η εκτιμήτρια είναι αμερόληπτη και η μεταβλητότητα εκτίμησης ελάχιστη.

Συνθήκη αμεροληψίας.

Η συνθήκη αμεροληψίας γράφεται

$$E\{Z_V - Z_k^*\} = 0 \quad (6.57)$$

ή

$$E\left\{Z_V - \sum_{\alpha=1}^n \lambda_\alpha Z_\alpha\right\} = E\{Z_V\} - \sum_{\alpha=1}^n \lambda_\alpha E\{Z_\alpha\} = 0 \quad (6.58)$$

Λόγω της συνθήκης στασιμότητας $E\{Z_\alpha\} = m$, $E\{Z_V\} = m$ η παραπάνω συνθήκη γίνεται:

$$m\left[1 - \sum_{\alpha=1}^n \lambda_\alpha\right] = 0 \quad (6.59)$$

ή

$$\sum_{\alpha=1}^n \lambda_\alpha = 1 \quad (6.60)$$

Ελάχιστη μεταβλητότητα εκτίμησης .

Η μεταβλητότητα εκτίμησης γράφεται:

$$E\left\{[Z_V - Z_k^*]^2\right\} = E\{Z_V^2\} - 2E\{Z_V Z_k^*\} + E\{Z_k^{*2}\}, \quad (6.61)$$

όπου:

$$E\{Z_V^2\} = E\{Z_V(x)Z_V(x')\} = \frac{1}{V^2} \int_V dx \int_V dx' E\{Z(x)Z(x')\} dx' = \bar{C}(V, V) + m^2.$$

$$E\{Z_V Z_k^*\} = \sum_{\alpha=1}^n \lambda_\alpha \frac{1}{V} \int_V E\{Z(x)Z_\alpha\} dx = \sum_{\alpha=1}^n \lambda_\alpha \bar{C}(V, x_\alpha) + m^2. \quad (6.62)$$

$$E\{Z_k^{*2}\} = E\{Z_k^* Z_k^{*'}\} = \sum_{\alpha=1}^n \sum_{\beta=1}^n \lambda_\alpha \lambda_\beta E\{Z(x_\alpha)Z(x_\beta)\} = \sum_{\alpha=1}^n \sum_{\beta=1}^n \lambda_\alpha \lambda_\beta \bar{C}(x_\alpha, x_\beta) + m^2. \quad (6.63)$$

Οι όροι m^2 απαλείφονται και παίρνουμε:

$$E\left\{Z_V - Z_k^*\right\}^2 = \bar{C}(V, V) - 2 \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} \bar{C}(V, x_{\alpha}) + \sum_{\alpha=1}^n \sum_{\beta=1}^n \lambda_{\alpha} \lambda_{\beta} \bar{C}(x_{\alpha}, x_{\beta}). \quad (6.64)$$

Για να βρούμε το ελάχιστο της έκφρασης αυτής, παίρνοντας υπόψη και τη συνθήκη της αμεροληψίας, χρησιμοποιούμε την τεχνική των πολλαπλασιαστών Lagrange, θέτοντας:

$$\frac{\partial}{\partial \lambda_{\alpha}} \left[E\left\{Z_V - Z_k^*\right\}^2 - 2\mu \left(\sum_{\beta=1}^n \lambda_{\beta} - 1 \right) \right] = 0 \quad (\forall \alpha=1,2,\dots,n). \quad (6.65)$$

Προκύπτει ένα σύστημα με n+1 γραμμικές εξισώσεις με n+1 αγνώστους τα n βάρη λ_{α} και τον πολλαπλασιαστή Lagrange μ .

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{\beta=1}^n \lambda_{\beta} \bar{C}(x_{\alpha}, x_{\beta}) - \mu = \bar{C}(x_{\alpha}, V) \quad \forall \alpha=1,2,\dots,n \\ \sum_{\beta=1}^n \lambda_{\beta} = 1 \end{array} \right\} \quad (6.66)$$

Πολλαπλασιάζουμε το παραπάνω σύστημα με $\sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha}$ οπότε παίρνουμε:

$$\sum_{\alpha=1}^n \sum_{\beta=1}^n \lambda_{\alpha} \lambda_{\beta} \bar{C}(x_{\alpha}, x_{\beta}) = \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} \bar{C}(x_{\alpha}, V) + \mu \quad (6.67)$$

Με βάση την τιμή αυτή, η ελάχιστη μεταβλητότητα εκτίμησης ή μεταβλητότητα Kriging γίνεται:

$$\sigma_k^2 = E\left\{Z_V - Z_k^*\right\}^2 = \bar{C}(V, V) + \mu - \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} \bar{C}(x_{\alpha}, V) \quad (6.68)$$

Για την περίπτωση της σημειακής εκτίμησης έχουμε:

$$\bar{C}(V, V) = \bar{C}(x_o, x_o) = 0, \quad (6.69)$$

και η ανωτέρω σχέση γίνεται:

$$\sigma_k^2 = \mu - \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} \bar{C}(x_{\alpha}, x_0) \quad (6.70)$$

Το παραπάνω σύστημα Kriging εκφράζεται επίσης σε όρους του ημι-βαριογράμματος $\gamma(h)$ ως εξής:

$$\sum_{\beta=1}^n \lambda_{\beta} \bar{\gamma}(x_{\alpha}, x_{\beta}) + \mu = \bar{\gamma}(x_{\alpha}, x_0) \quad \forall \alpha=1,2,\dots,n \quad (6.71)$$

$$\sum_{\beta=1}^n \lambda_{\beta} = 1 \quad (6.72)$$

$$\sigma_k^2 = \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} \bar{\gamma}(x_{\alpha}, x_0) + \mu \quad (6.73)$$

Το σύστημα Kriging γράφεται επίσης σε μητρώα μορφή ως εξής:

$$[K][\lambda] = [M_2], \quad (6.74)$$

$$\sigma_k^2 = -[\lambda]^T [M_2] \quad (6.75)$$

όπου:

$$[K] = \begin{bmatrix} C(x_1, x_1) & \dots & C(x_1, x_n) & 1 \\ C(x_2, x_1) & \dots & C(x_2, x_n) & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C(x_n, x_1) & \dots & C(x_n, x_n) & 1 \\ 1 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad [\lambda] = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \lambda_n \\ -\mu \end{bmatrix}, \quad [M_2] = \begin{bmatrix} C(x_1, x_0) \\ C(x_2, x_0) \\ \vdots \\ \vdots \\ C(x_n, x_0) \\ 1 \end{bmatrix} \quad (6.76)$$

Το μητρώο $\bar{C}(x_{\alpha}, x_{\beta})$ είναι συμμετρικό, δηλαδή $\bar{C}(x_{\alpha}, x_{\beta}) = \bar{C}(x_{\beta}, x_{\alpha})$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

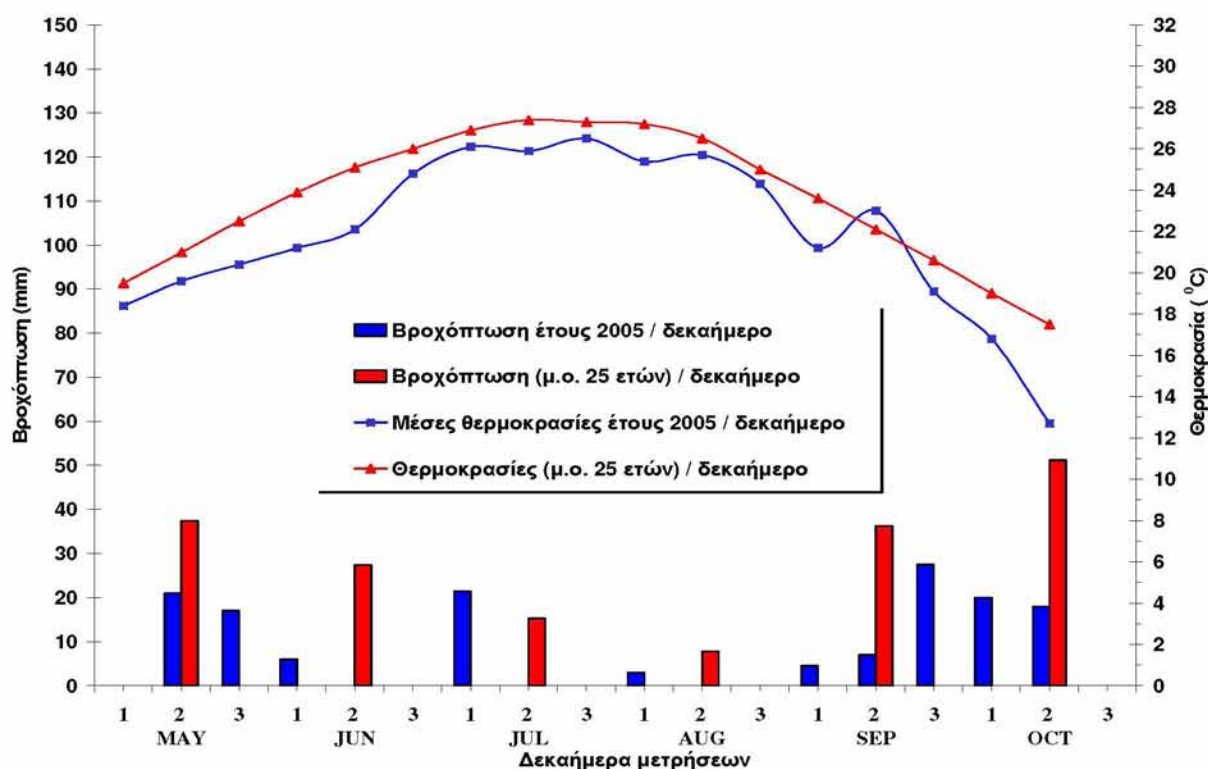
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

7 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

7.1 Κλιματικά δεδομένα

7.1.1 Γενικά

ΣΤα διαγράμματα 7.1.1, 7.1.2 και 7.1.3 παρουσιάζονται τα κλιματικά δεδομένα (θερμοκρασίας αέρα και βροχόπτωσης), που επικράτησαν καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (από 9/5 έως και 6/11) των ετών 2005, 2006 και 2007 στο Βελεστίνο. Παράλληλα πραγματοποιήθηκε η σύγκριση τους με τις μέσες κλιματικές τιμές θερμοκρασίας αέρα και βροχόπτωσης της τελευταίας 25τίας για την υπό μελέτη περιοχή.

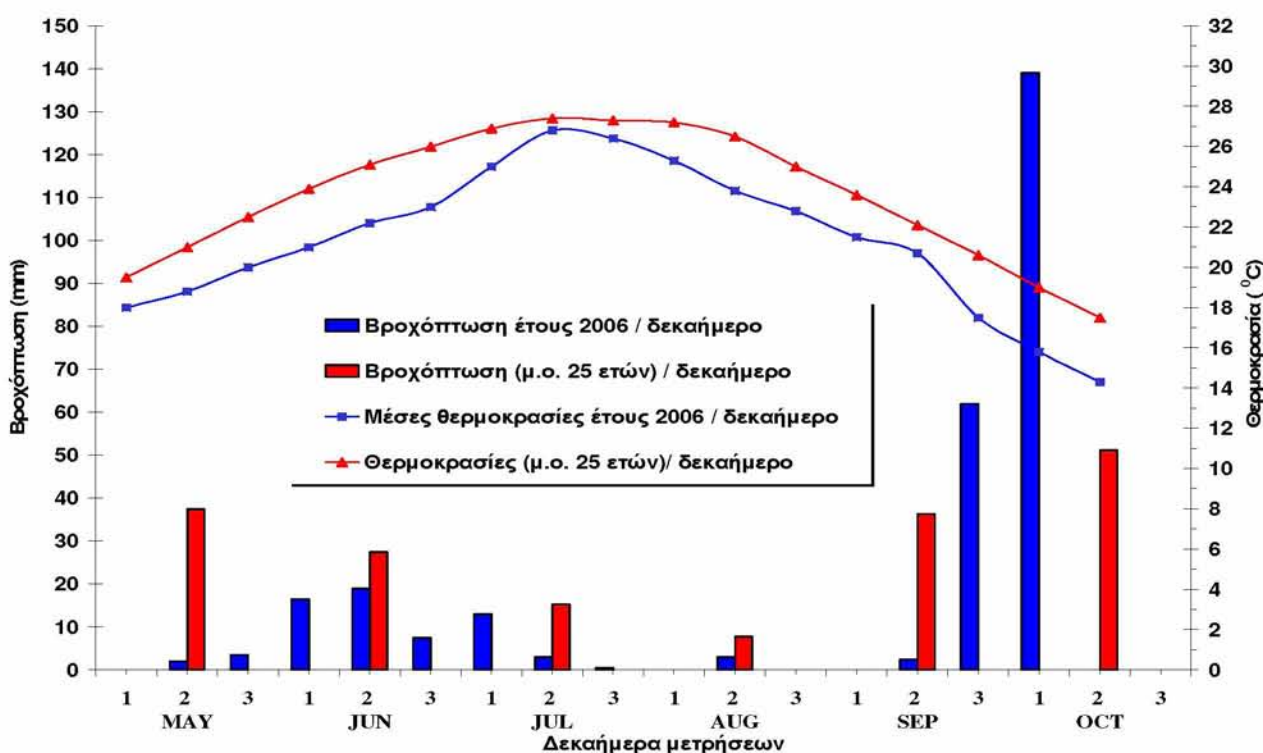


Διάγραμμα 7.1.1: Κλιματικά δεδομένα της υπό μελέτη περιοχής για το καλλιεργητικό έτος 2005.

Η καλλιεργητική περίοδος του 2005 χαρακτηρίστηκε από χαμηλές τιμές βροχόπτωσης, ειδικότερα τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο, ενώ ταυτόχρονα επικράτησαν ηπιότερες θερμοκρασίες αέρα, σε σχέση βέβαια με τις μέσες τιμές που επικρατούσαν στην περιοχή την τελευταία 25ετία.

Ειδικότερα, για το έτος 2005, 27,5 mm βροχής μετρήθηκαν στο τελευταίο δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου και 21,5 mm στο πρώτο δεκαήμερο του Ιουλίου. Αντίστοιχα 21,0 mm βροχής μετρήθηκαν στο πρώτο δεκαήμερο του Μαΐου, 20,0 mm στο πρώτο δεκαήμερο του Οκτωβρίου, και 18,0 mm στο δεύτερο δεκαήμερο του Οκτωβρίου.

Το σύνολο των κατακρημνισμάτων για την καλλιεργητική περίοδο του 2005 έφτασε τα 145,5 mm ($\approx 0,81 \text{ mm d}^{-1}$). Αφαιρώντας από τα 145,5 mm βροχής τα χιλιοστά βροχής των πέντε δεκαημέρων που αναφέρονται παραπάνω, παρατηρούμε ότι ολόκληρη την υπόλοιπη καλλιεργητική περίοδο του 2005 ($180 - 50 = 130$ ημέρες) η βροχή δεν ξεπέρασε τα 37,5 mm ($\approx 0,29 \text{ mm d}^{-1}$).



Διάγραμμα 7.1.2: Κλιματικά δεδομένα της υπό μελέτη περιοχής για το καλλιεργητικό έτος 2006.

Η καλλιεργητική περίοδος του 2006 χαρακτηρίστηκε από σχετικά υψηλές τιμές βροχόπτωσης, ειδικότερα τους μήνες Ιούνιο και Σεπτέμβριο, ενώ ταυτόχρονα επικράτησαν αρκετά ηπιότερες θερμοκρασίες αέρα, σε σχέση βέβαια με τις μέσες τιμές που επικρατούσαν στην περιοχή την τελευταία 25ετία.

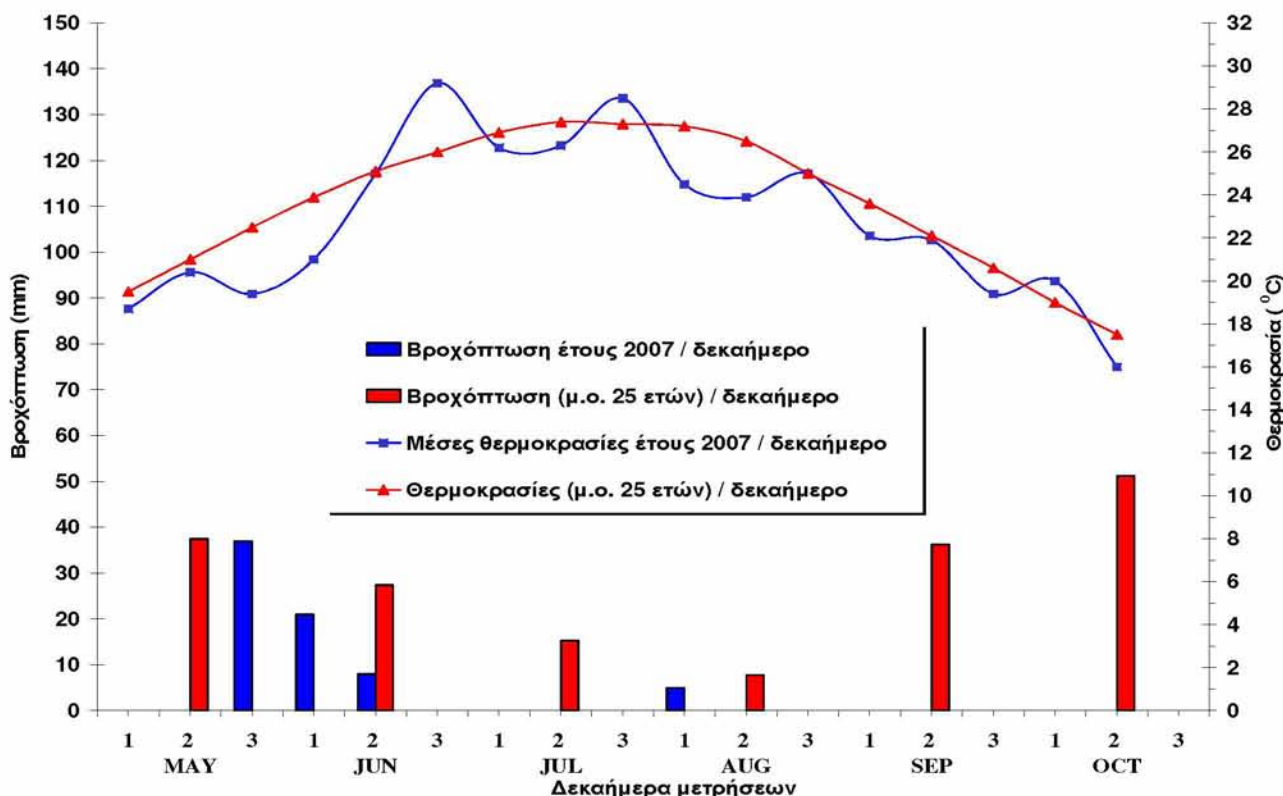
Ειδικότερα, για το έτος 2006, 139,0 mm βροχής μετρήθηκαν στο πρώτο δεκαήμερο του Οκτωβρίου και 62,0 mm στο τελευταίο δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου. Αντίστοιχα 19,0 mm βροχής μετρήθηκαν στο δεύτερο δεκαήμερο του Ιουνίου, 16,5 mm στο πρώτο δεκαήμερο του Ιουνίου, και 13,0 mm στο πρώτο δεκαήμερο του Ιουλίου. Το σύνολο των κατακρημνισμάτων για την καλλιεργητική περίοδο του 2006

έφτασε τα 271,5 mm ($\approx 1,51 \text{ mm d}^{-1}$). Αφαιρώντας από τα 271,5 mm βροχής τα χιλιοστά βροχής των πέντε δεκαημέρων που αναφέρονται παραπάνω, παρατηρούμε ότι ολόκληρη την υπόλοιπη καλλιεργητική περίοδο του 2006 ($180 - 50 = 130$ ημέρες) η βροχή δεν ξεπέρασε τα 22,0 mm ($\approx 0,17 \text{ mm d}^{-1}$).

Η καλλιεργητική περίοδος του 2007, σε αντίθεση με τα προηγούμενα έτη, χαρακτηρίστηκε ως εξαιρετικά ξηρή χρονιά, ειδικότερα τους μήνες Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο, ενώ ταυτόχρονα επικράτησαν κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου σχετικά χαμηλότερες θερμοκρασίες αέρα σε σχέση με τη προηγούμενη 25ετία, με εξαίρεση τις περιόδους των τελευταίων δεκαημέρων των μηνών Ιουνίου και Ιουλίου, όπου επικράτησαν υψηλότερες για την εποχή μέσες θερμοκρασίες αέρα.

Ειδικότερα, για το έτος 2007, 37,0 mm βροχής μετρήθηκαν στο τελευταίο δεκαήμερο του Μαΐου και 21,0 mm στο πρώτο δεκαήμερο του Ιουνίου.

Το σύνολο των κατακρημνισμάτων για την καλλιεργητική περίοδο του 2007 έφτασε τα 71,0 mm ($\approx 0,39 \text{ mm d}^{-1}$). Αφαιρώντας από τα 71,0 mm βροχής τα χιλιοστά βροχής των δύο δεκαημέρων που αναφέρονται παραπάνω, παρατηρούμε ότι ολόκληρη την υπόλοιπη καλλιεργητική περίοδο του 2007 ($180 - 20 = 160$ ημέρες) η βροχή δεν ξεπέρασε τα 13,0 mm ($\approx 0,08 \text{ mm d}^{-1}$).



Διάγραμμα 7.1.3: Κλιματικά δεδομένα της υπό μελέτη περιοχής για το καλλιεργητικό έτος 2007.

7.2 Συζήτηση

Οι ικανοποιητικές τιμές βροχόπτωσης, που παρατηρήθηκαν τα καλλιεργητικά έτη 2005 και 2006, επέδρασαν θετικά στην αναπτυξιακή διαδικασία της φυτείας προάγοντας παράλληλα την ορυκτοποίηση και απορρόφηση μεγαλύτερων ποσοτήτων αζώτου (μεγάλο ριζικό σύστημα). Αντίθετα η έντονη ξηρασία της καλλιεργητικής περιόδου του έτος 2007 επέδρασε αρνητικά στην αναπτυξιακή διαδικασία των φυτών, κυρίως εξαιτίας της γονιδιακά τροπικής προελεύσεως τους.

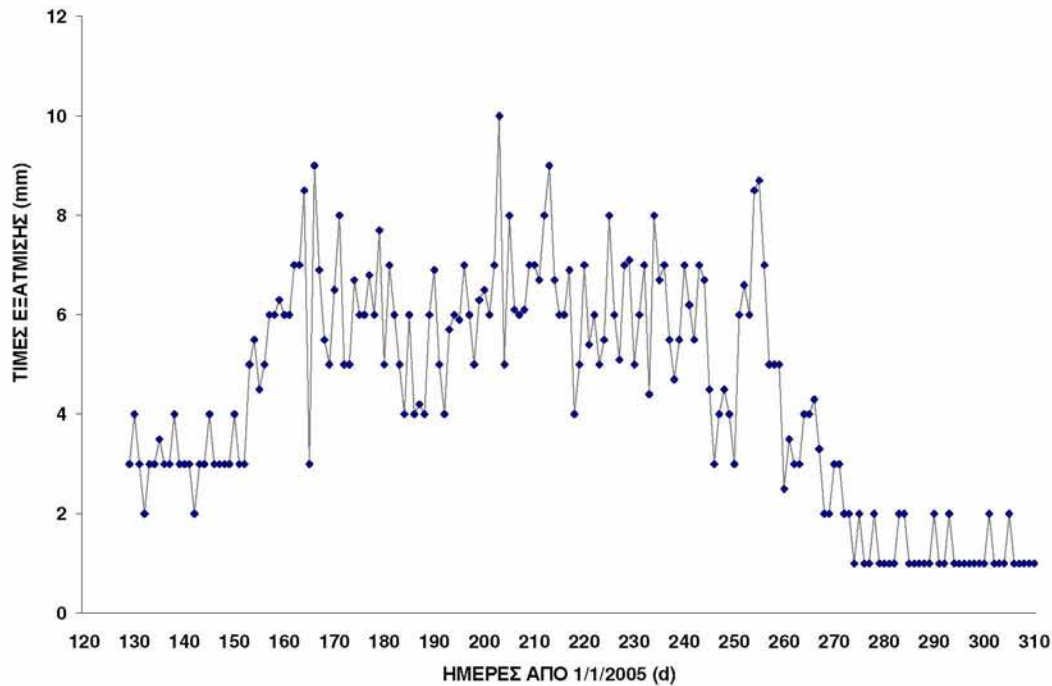
Αντίστοιχα με τις τιμές των βροχοπτώσεων, οι θερμοκρασίες του αέρα κυμάνθηκαν σε λογικά πλαίσια, όντας ηπιότερες σε σχέση με την προηγούμενη 25ετία.

Έτσι παρατηρήθηκαν μειωμένες ποσοστιαία αποκλίσεις της θερμοκρασίας από τις μέσες μηνιαίες τιμές της προηγούμενης 25ετίας της τάξης του 2 – 18% καθ' όλη τη διάρκεια των καλλιεργητικών περιόδων του 2005 και 2006. Αντίθετα παρατηρήθηκαν εντονότερες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας το 2007 σε σχέση με τους μέσους όρους της προηγούμενης 25ετίας της τάξης του ± 4 – 13%. Οι μεγαλύτερες διακυμάνσεις για το 2007 παρατηρήθηκαν το τελευταίο δεκαήμερο του Ιουνίου και μεταξύ του τρίτου δεκαημέρου του Ιουλίου και του πρώτου δεκαημέρου του Αυγούστου, και συνέπεσαν βέβαια με τις εκτεταμένες περιόδους ανομβρίας.

Στα διαγράμματα 7.1.4, 7.1.5 και 7.1.6 απεικονίζονται οι τιμές της ημερήσιας εξάτμισης, για το σύνολο των ετών του πειράματος, με βάση τις ενδείξεις του εξατμισιμέτρου τύπου Α.

Από τους μέσους όρους της ημερήσιας εξάτμισης που παρουσιάζονται στο πίνακα 7.1.1 συμπεραίνεται ότι το 2005 ήταν ένα αρκετά ήπιο κλιματικά έτος για τα δεδομένα της Μεσογειακής ζώνης και ειδικότερα της κεντρικής Ελλάδας.

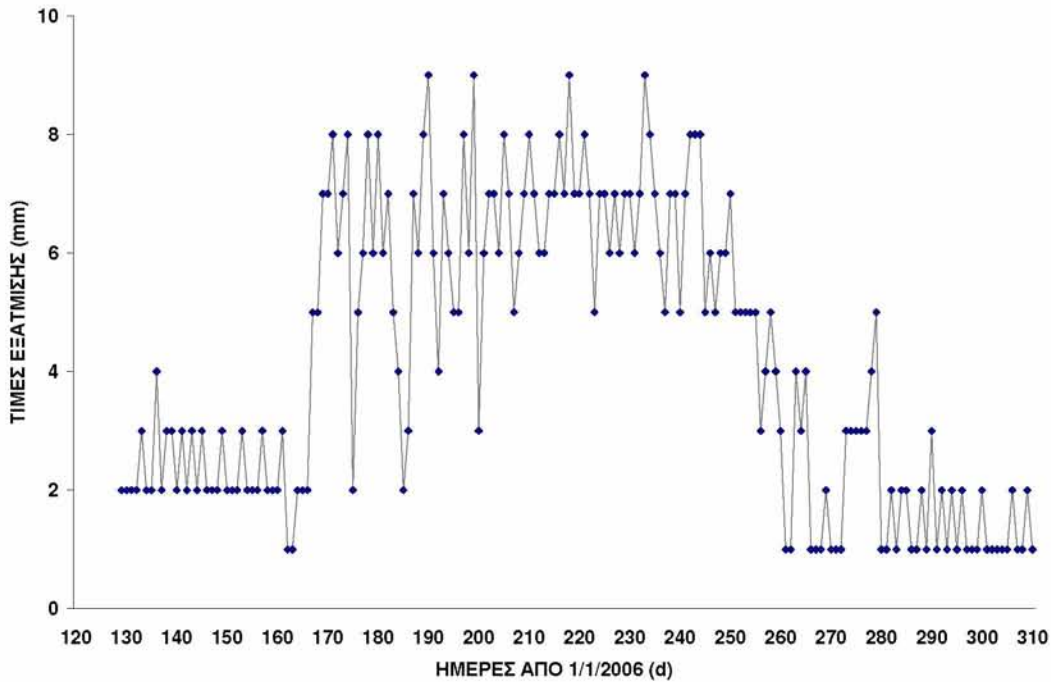
ΜΗΝΑΣ	Μ.Ο. ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ (mm d ⁻¹)
ΜΑΪΟΣ	3,25
ΙΟΥΝΙΟΣ	6,03
ΙΟΥΛΙΟΣ	6,01
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	6,17
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	4,30
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1,27
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1,17



Διάγραμμα 7.1.4: Τιμές εξάτμισης καλλιεργητικού έτους 2005 στο πειραματικό αγρό του Βελεστίνου.

Αντίστοιχα με το 2005 και το 2006 εμφανίζεται ως εξαιρετικά ήπιο κλιματικά έτος με μικρότερους μέσους όρους ημερήσιας εξάτμισης. Εξαιρέση αποτελούν οι μήνες Ιούνιος και Αύγουστος καθώς παρατηρήθηκε μείωση περίπου κατά δύο (2) μονάδες εξάτμισης τον Ιούνιο και παράλληλα αύξηση περίπου κατά μία (1) μονάδα τον Αύγουστο, σε σχέση με το 2005, όπως παρουσιάζεται και στον πίνακα 7.1.2.

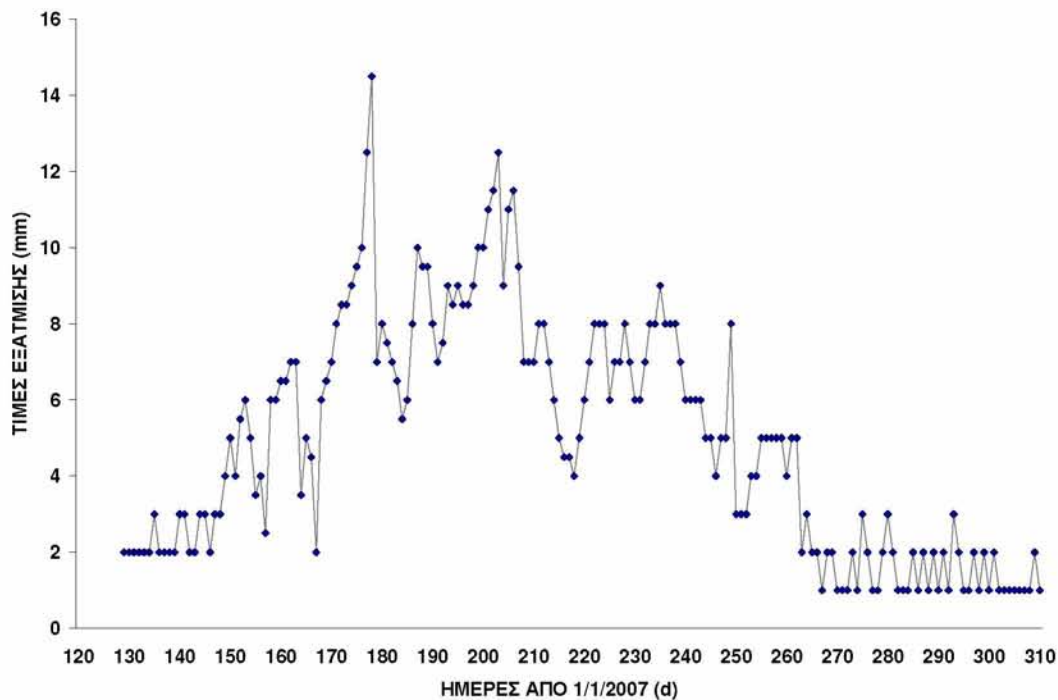
Πίνακας 7.1.2: Μέσοι όροι εξάτμισης μηνών έτους 2006	
ΜΗΝΑΣ	Μ.Ο. ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ (mm d ⁻¹)
ΜΑΪΟΣ	2,50
ΙΟΥΝΙΟΣ	4,17
ΙΟΥΛΙΟΣ	6,13
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	6,94
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	3,70
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1,87
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1,33



Διάγραμμα 7.1.5: Τιμές εξάτμισης καλλιεργητικού έτους 2006 στο πειραματικό αγρό του Βελεστίνου.

Αντίθετα, όπως αποτυπώνεται και στον πίνακα 7.1.3, οι μέσοι όροι της ημερήσιας εξάτμισης εμφάνισαν σημαντική αύξηση το έτος 2007, σε σχέση και με τα δύο προηγούμενα χρόνια, ειδικότερα κατά τους κρίσιμους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Το τελευταίο αυτό στοιχείο αποτελεί μία ακόμη απόδειξη ότι επικράτησαν αρκετά ξηροθερμικές συνθήκες, κατά το καλλιεργητικό έτος του 2007, ακόμη και για το Μεσογειακό θέρος της κεντρικής Ελλάδας.

Πίνακας 7.1.3: Μέσοι όροι εξάτμισης μηνών έτους 2007	
ΜΗΝΑΣ	Μ.Ο. ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ (mm d ⁻¹)
ΜΑΪΟΣ	2,73
ΙΟΥΝΙΟΣ	6,77
ΙΟΥΛΙΟΣ	8,71
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	6,68
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	3,57
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1,60
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1,17



Διάγραμμα 7.1.6: Τιμές εξάτμισης καλλιεργητικού έτους 2007 στο πειραματικό αγρό του Βελεστίου.

Οι τιμές αυτές της μέσης ημερήσιας εξάτμισης ήταν συμβατές, ειδικότερα τα έτη 2005 και 2006, με προγενέστερους υπολογισμούς για την υπό μελέτη περιοχή (Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη Μ. κ.α., 1996), καθώς επικράτησαν καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου χαμηλές τιμές βροχόπτωσης, οι οποίες δεν είχαν επιπλέον μεγάλη χρονική διάρκεια.

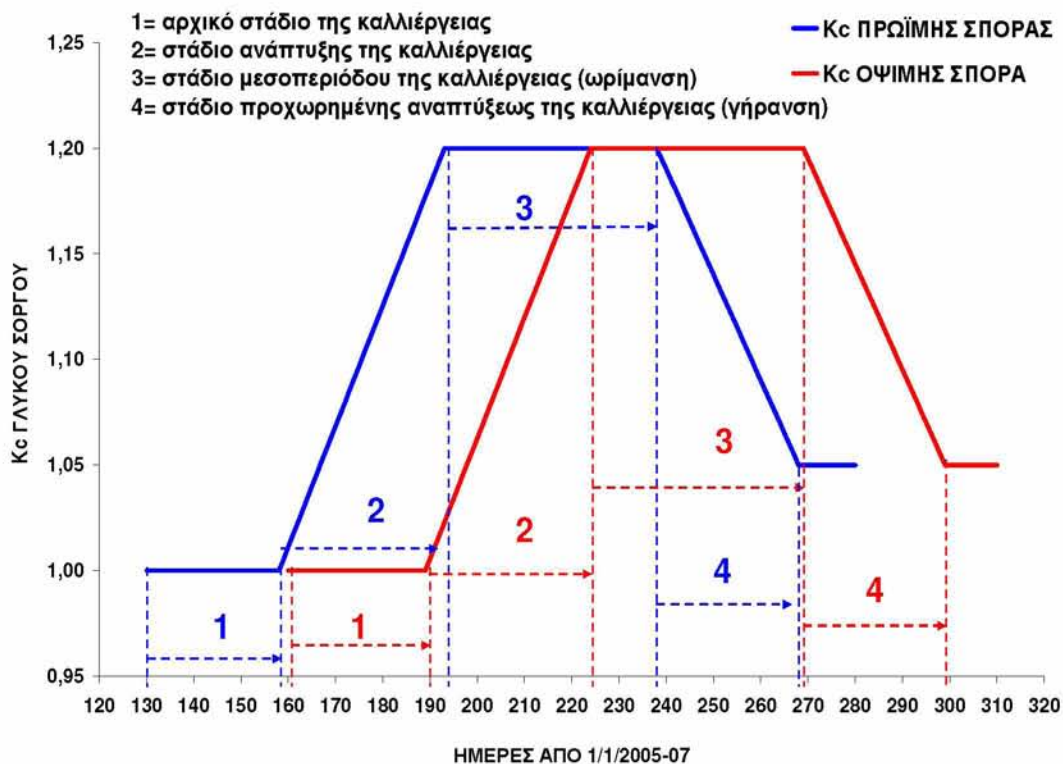
7.3 Δόσεις άρδευσης

7.3.1 Γενικά

Βασιζόμενοι στα στοιχεία εξάτμισης, όπως αυτά παρήχθησαν από τις μετρήσεις του εξατμισιμέτρου, και γνωρίζοντας ότι ο συντελεστής διόρθωσης ($K_{εξ}$) του οργάνου είναι 0,80, υπολογίστηκαν οι ημερήσιες τιμές εξατμισοδιαπνοής, πολλαπλασιάζοντας σε κάθε περίπτωση με τον φυτικό συντελεστή του γλυκού σόργου, όπως εκτενώς αναλύθηκε παραπάνω στο κεφάλαιο υλικά και μέθοδοι (υπολογισμός αναγκών σε αρδευτικό νερό).

Ο φυτικός συντελεστής (K_c) του γλυκού σόργου είναι μεταβαλλόμενος για τις κλιματικές συνθήκες της Μεσογείου (FAO, 1977). Επομένως, και όπως

παρουσιάζεται στο διάγραμμα 7.2.1, για τις πρώτες 60 ημέρες από τη σπορά ο φυτικός συντελεστής παραμένει σταθερός λαμβάνοντας τη τιμή 1,00. Εν συνεχεία και για τις επόμενες 35 ημέρες (95 ημέρες από τη σπορά) αυξάνει από τη τιμή 1,00 έως και τη τιμή 1,20 σταδιακά και αναλογικά. Παραμένει αμετάβλητος για τις επόμενες 45 ημέρες της καλλιεργητικής περιόδου (140 ημέρες από τη σπορά) και στη συνέχεια μειώνεται επίσης αναλογικά για 30 ημέρες (170 ημέρες από τη σπορά) καταλήγοντας στη τιμή 1,05 όπου και παραμένει μέχρι και τη λήξη της αρδευτικής και καλλιεργητικής περιόδου.



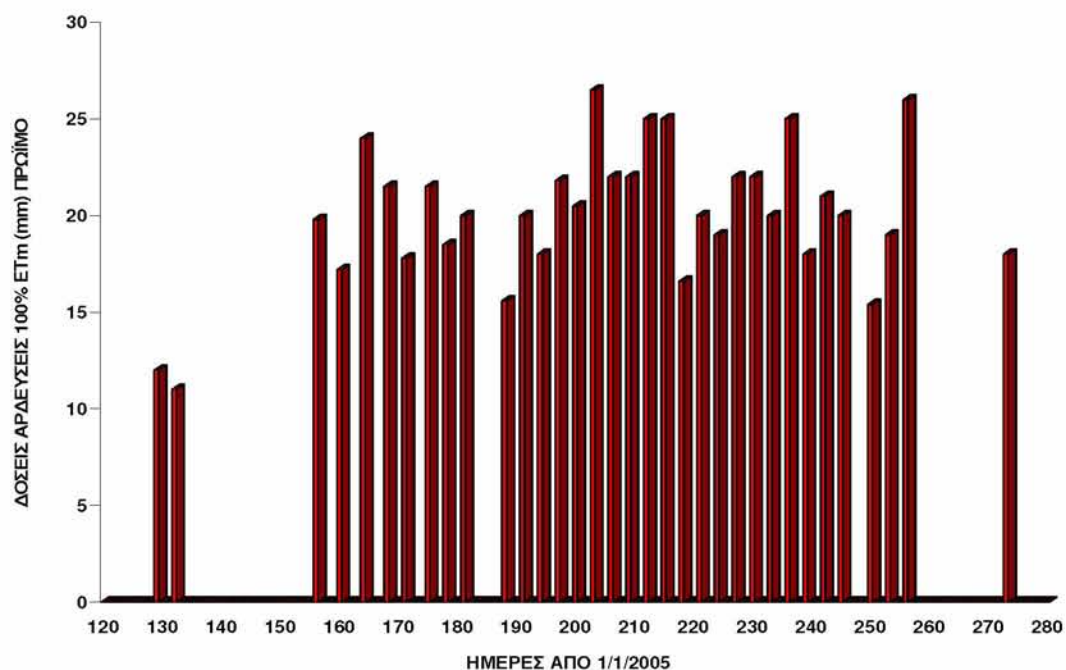
Διάγραμμα 7.2.1: Μεταβολές του φυτικού συντελεστή K_c του γλυκού σόργου για το σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου του Μεσογειακού θέρους.

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα παρήχθησαν τόσο τα διαγράμματα δόσεων άρδευσης όσο και οι πίνακες που ακολουθούν στο ειδικό κεφάλαιο του παραρτήματος, υπολογίζοντας, σε κάθε περίπτωση και για τη κάθε μεταχείριση, ξεχωριστά τις δόσεις άρδευσης για το σύνολο των ετών του πειράματος.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των δόσεων άρδευσης ήταν η εξής:

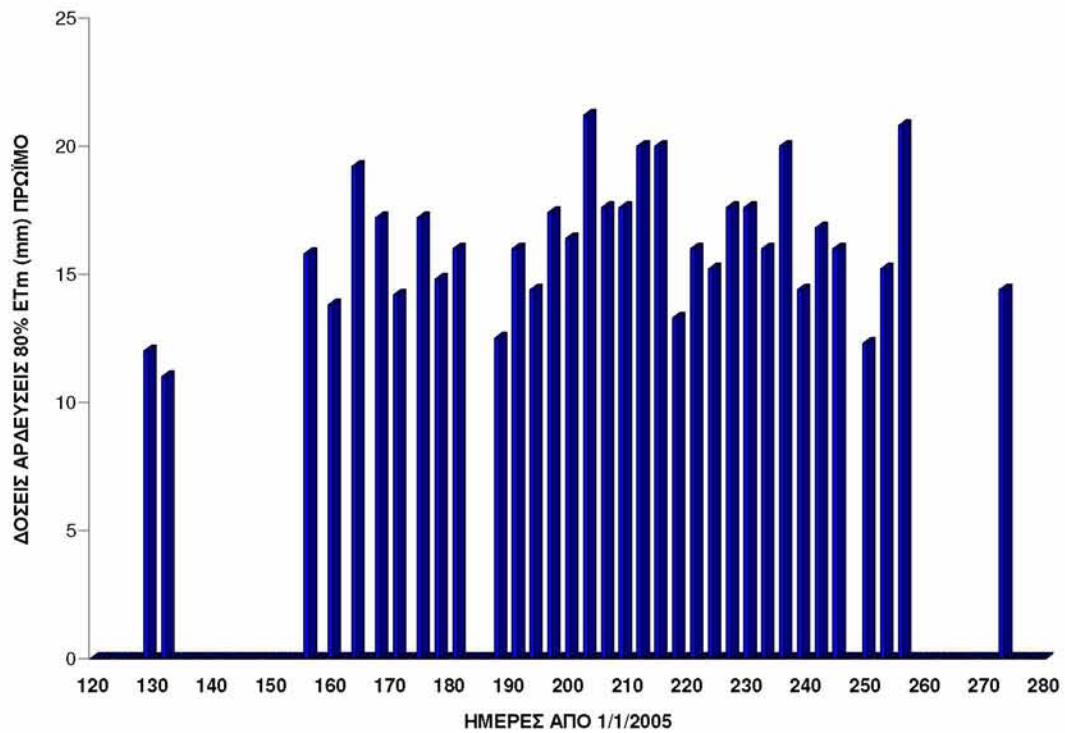
- Οι ημερήσιες τιμές εξάτμισης πολλαπλασιάστηκαν με το συντελεστή διόρθωσης του εξατμισιμέτρου ($K_{εξ} = 0,80$) για την αποτύπωση των ημερησίων τιμών εξατμισοδιαπνοής,
- Οι νέες τιμές που προέκυψαν πολλαπλασιάστηκαν με τον αντίστοιχο για την αντίστοιχη αναπτυξιακή περίοδο φυτικό συντελεστή του γλυκού σόργου (K_c) για τον υπολογισμό των ημερησίων αναγκών των φυτών σε νερό,
- Οι τιμές της ενεργούς βροχόπτωσης υπολογίστηκαν πολλαπλασιάζοντας τις τιμές των ημερησίων τιμών βροχόπτωσης με το συντελεστή 0,80,
- Οι αντίστοιχες δόσεις άρδευσης για το 100% των απαιτήσεων σε αρδευτικό νερό υπολογίστηκαν αφαιρώντας από τις ημερήσιες τιμές εξατμισοδιαπνοής τις τιμές της ενεργούς βροχόπτωσης²,
- Τέλος, υπολογίστηκαν οι δόσεις άρδευσης για τις μεταχειρίσεις που αρδεύτηκαν στο 80% των απαιτήσεων σε νερό πολλαπλασιάζοντας με τη τιμή 0,80.

Στα διαγράμματα 7.2.2 έως και 7.2.11 παρουσιάζονται τα στοιχεία των δόσεων άρδευσης για το σύνολο των μεταχειρίσεων και των ετών που διήρκησε το πείραμα στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

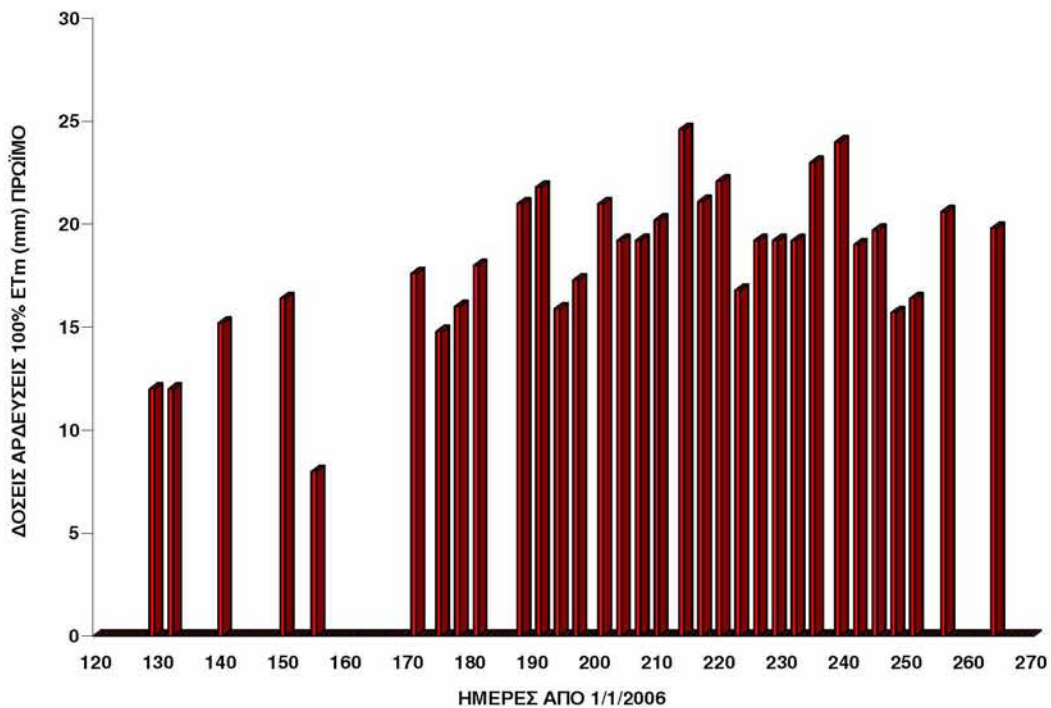


Διάγραμμα 7.2.2: Δόσεις άρδευσης στο 100% των απαιτήσεων σε νερό για το έτος 2005-πρώιμη σοδιά.

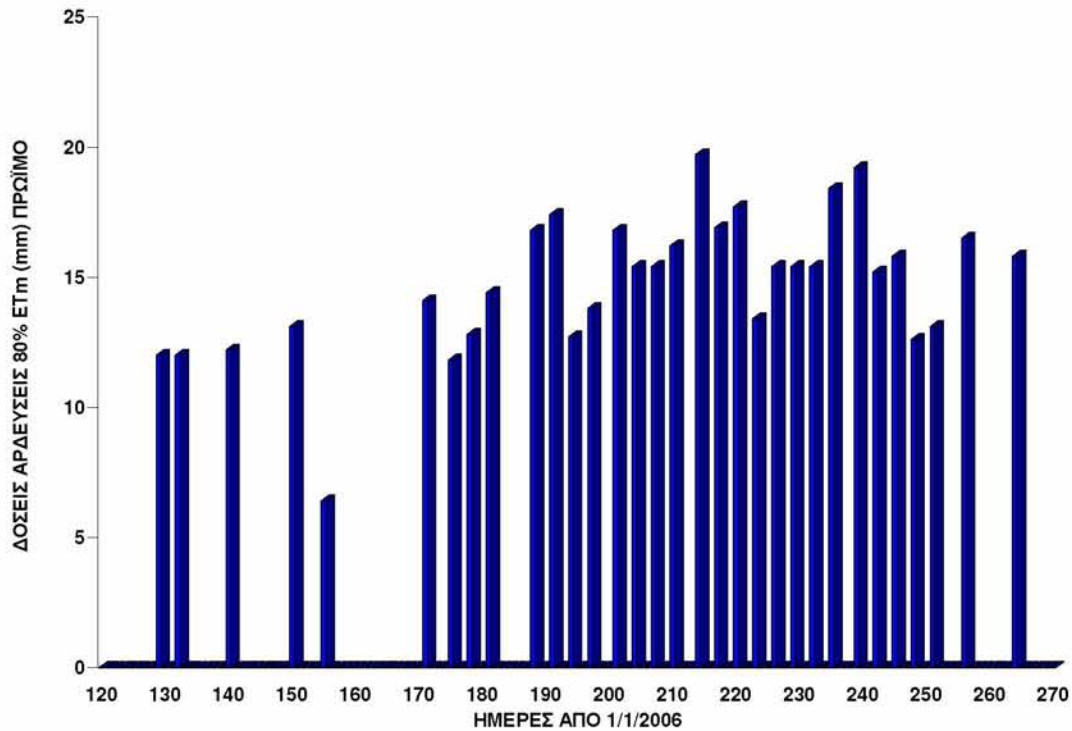
² Οι τελικές ποσότητες σε αρδευτικό νερό, όπως παρουσιάζονται στο πίνακα 6.2 του προηγούμενου κεφαλαίου, υπολογίστηκαν αφαιρώντας από τη συνολική ημερήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή τα ποσά της ενεργούς βροχόπτωσης.



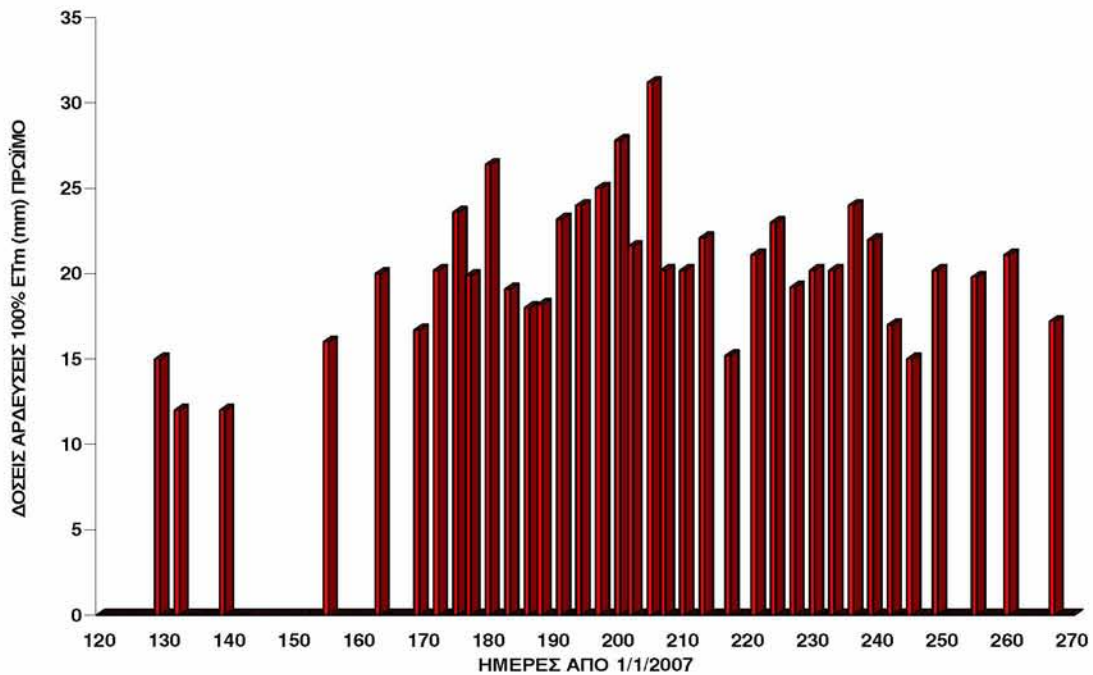
Διάγραμμα 7.2.3: Δόσεις άρδευσης στο 80% των απαιτήσεων σε νερό για το έτος 2005-πρώιμη σπορά.



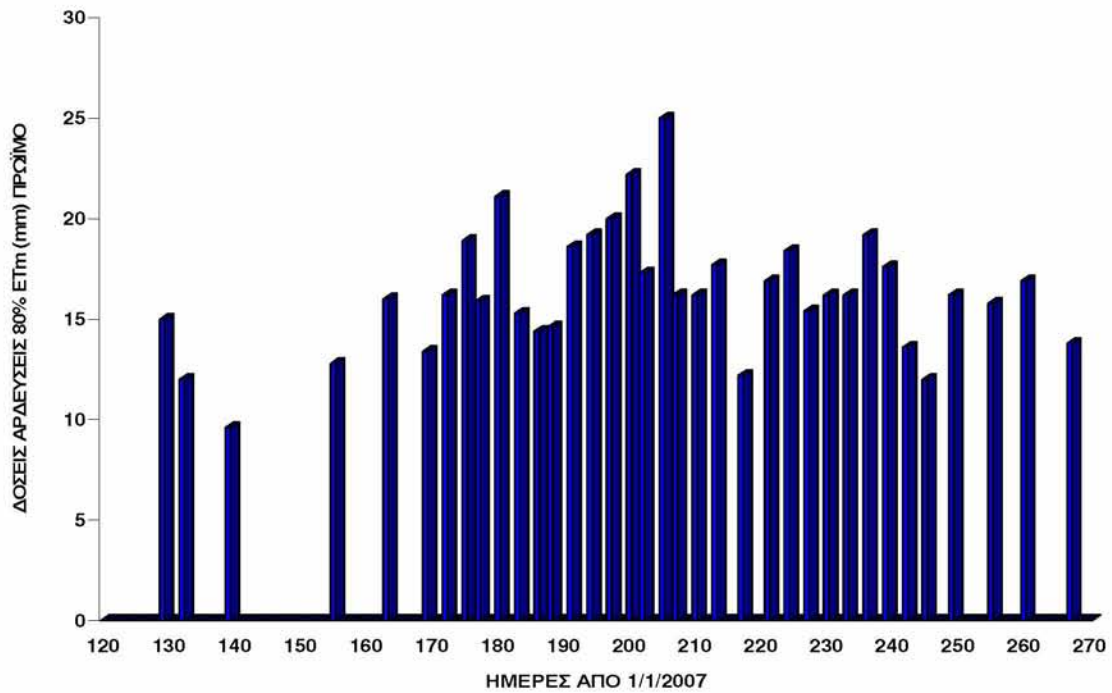
Διάγραμμα 7.2.4: Δόσεις άρδευσης στο 100% των απαιτήσεων σε νερό για το έτος 2006-πρώιμη σπορά.



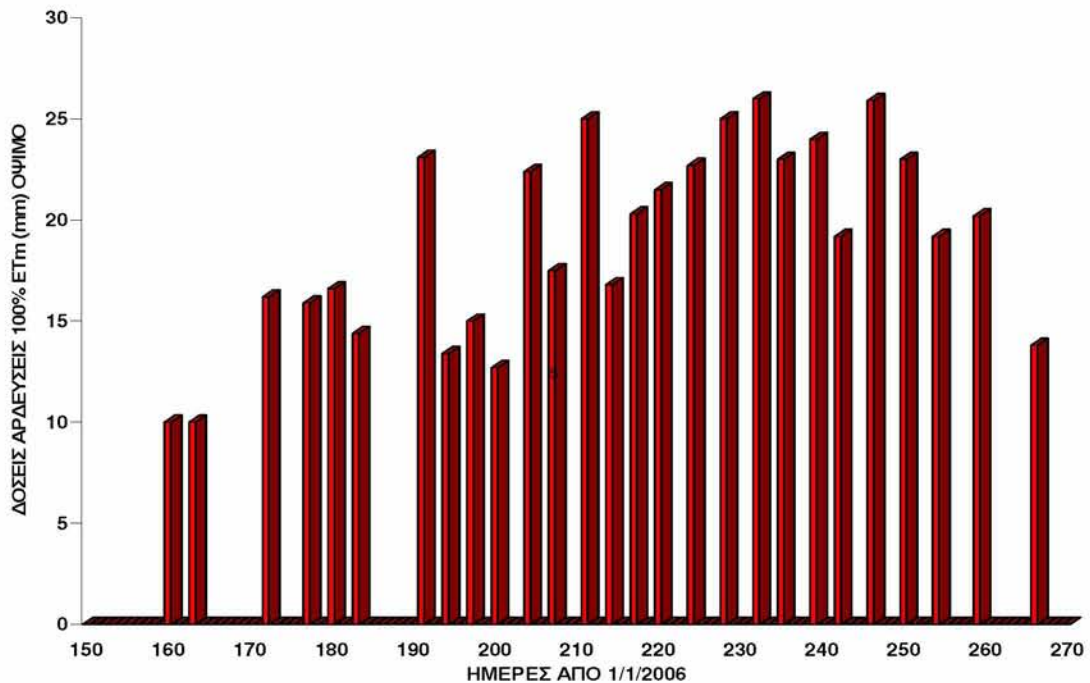
Διάγραμμα 7.2.5: Δόσεις άρδευσης στο 80% των απαιτήσεων σε νερό για το έτος 2006-πρώιμη σπορά.



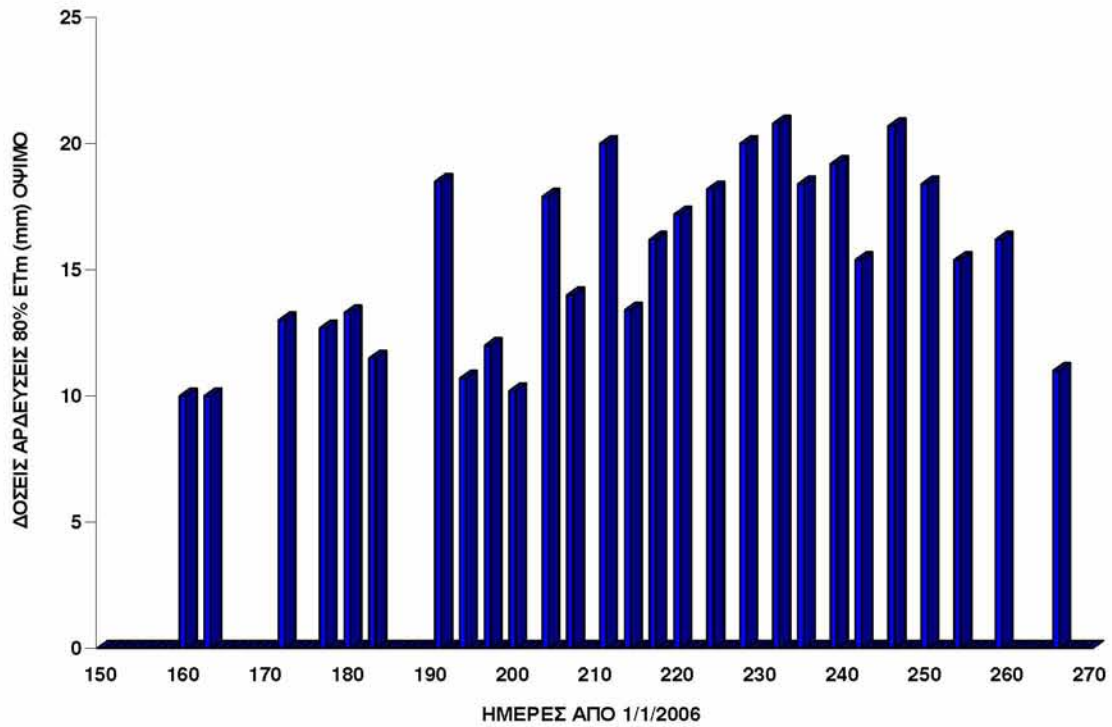
Διάγραμμα 7.2.6: Δόσεις άρδευσης στο 100% των απαιτήσεων σε νερό για το έτος 2007-πρώιμη σπορά.



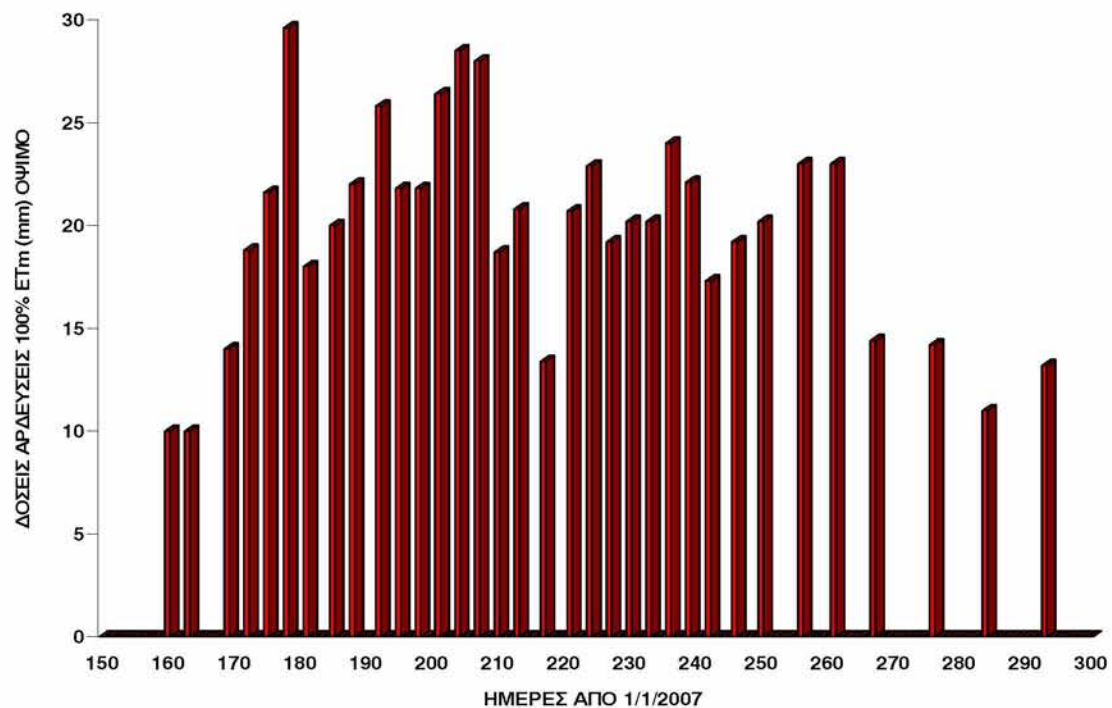
Διάγραμμα 7.2.7: Δόσεις άρδευσης στο 80% των απαιτήσεων σε νερό για το έτος 2007-πρώιμη σπορά.



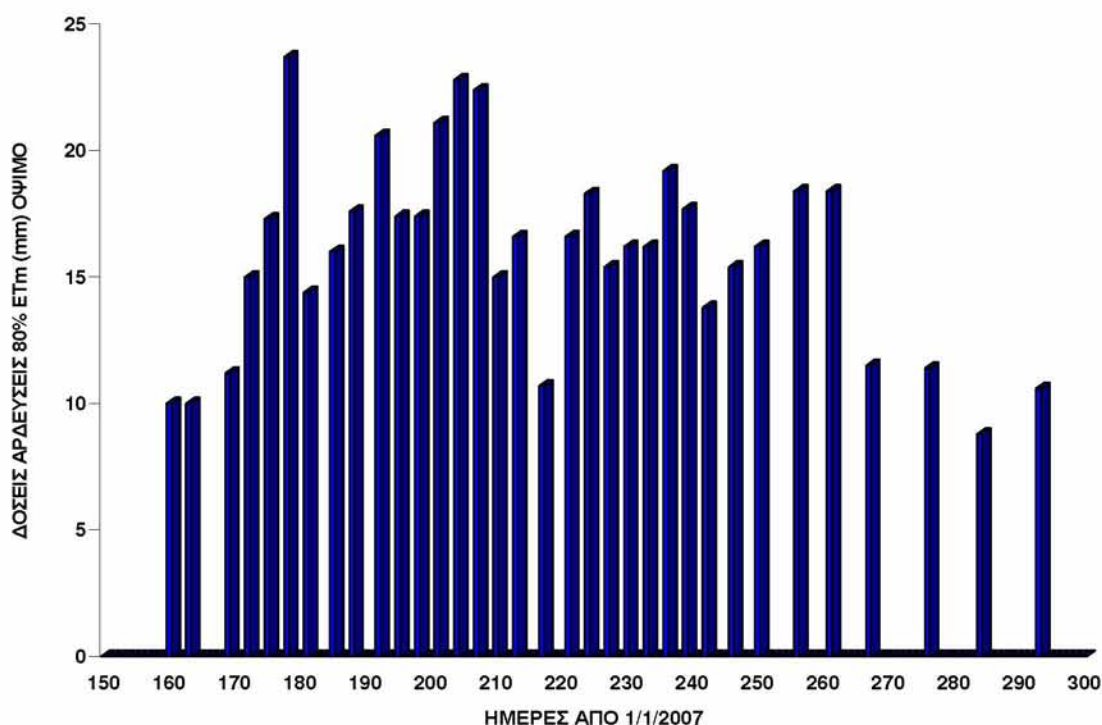
Διάγραμμα 7.2.8: Δόσεις άρδευσης στο 100% των απαιτήσεων σε νερό για το έτος 2006-όψιμη σπορά.



Διάγραμμα 7.2.9: Δόσεις άρδευσης στο 80% των απαιτήσεων σε νερό για το έτος 2006-όψιμη σπορά.



Διάγραμμα 7.2.10: Δόσεις άρδευσης στο 100% των απαιτήσεων σε νερό για το έτος 2007-όψιμη σπορά.



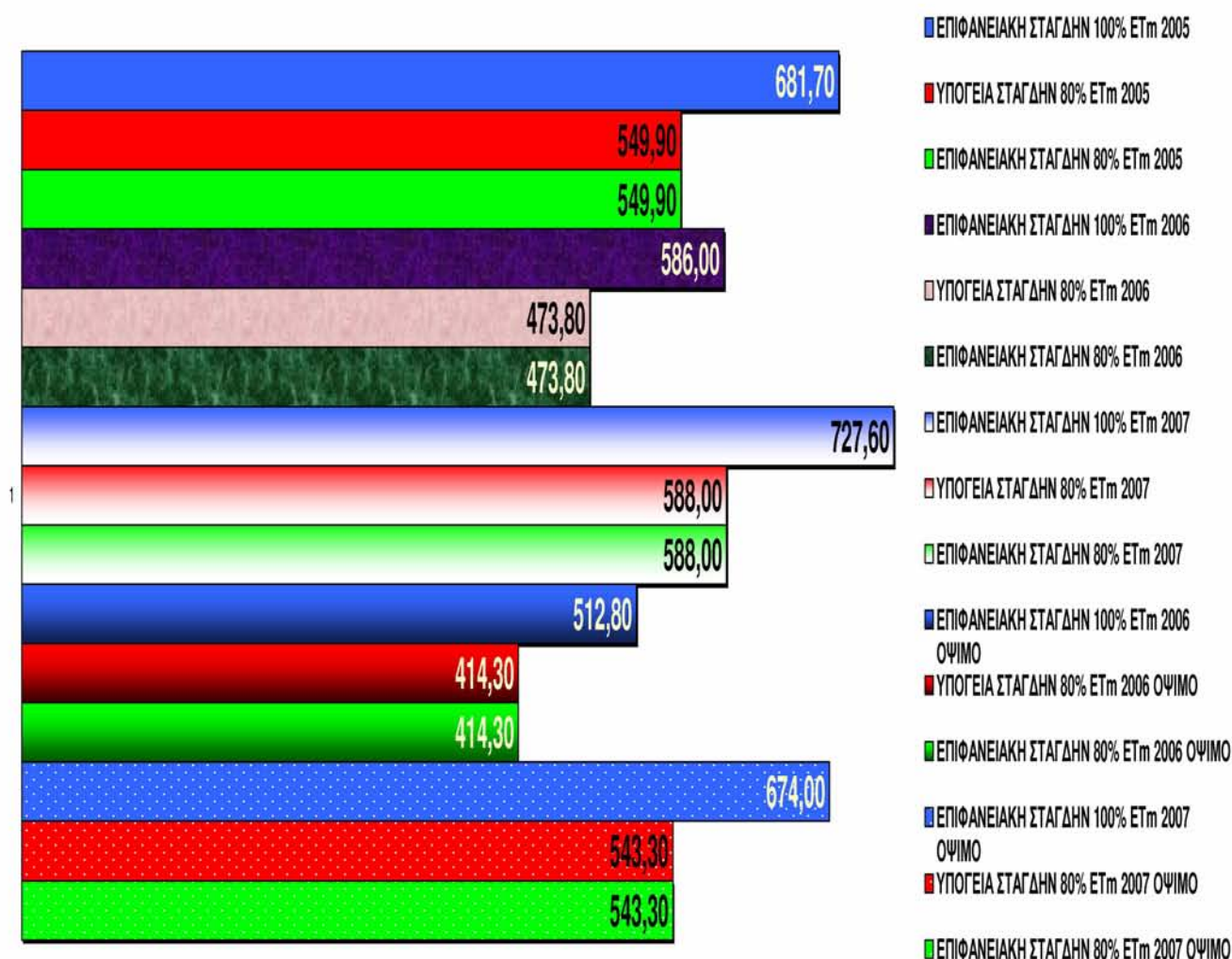
Διάγραμμα 7.2.11: Δόσεις άρδευσης στο 80% των απαιτήσεων σε νερό για το έτος 2007-όψιμη σπορά.

7.4 Συζήτηση – δόσεις άρδευσης

Όπως λοιπόν αποτυπώνεται στα διαγράμματα 7.2.6, 7.2.7, 7.2.10 και 7.2.11 το καλλιεργητικό έτος του 2007 ήταν και το πλέον απαιτητικό σε αρδευτικό νερό, εξαιτίας των υψηλών τιμών ημερήσιας θερμοκρασίας, που συνεπάγεται υψηλότερες τιμές ημερήσιας εξάτμισης, ειδικότερα κατά τους κρίσιμους μήνες, και των χαμηλών εισροών σε κατακρημνίσματα (βροχόπτωση) καθ' όλη την αρδευτική περίοδο.

Το γεγονός αυτό, ανεξάρτητα από τις τελικές αποδόσεις των μεταχειρίσεων, ουσιαστικά επιβάρυνε τη τελική αξία του παραγόμενου προϊόντος σε σχέση με τα υπόλοιπα ένυδρα έτη, καθώς η καλλιέργεια του γλυκού σόργου απαιτεί σημαντικά ποσά σε αρδευτικό νερό, όταν το έτος παρουσιάζεται άνυδρο, για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων.

Στο διάγραμμα 7.2.12 παρουσιάζονται τα σύνολα του νερού που χορηγήθηκαν στις διάφορες μεταχειρίσεις για τα έτη διεξαγωγής του πειράματος στο Βελεστίνο.



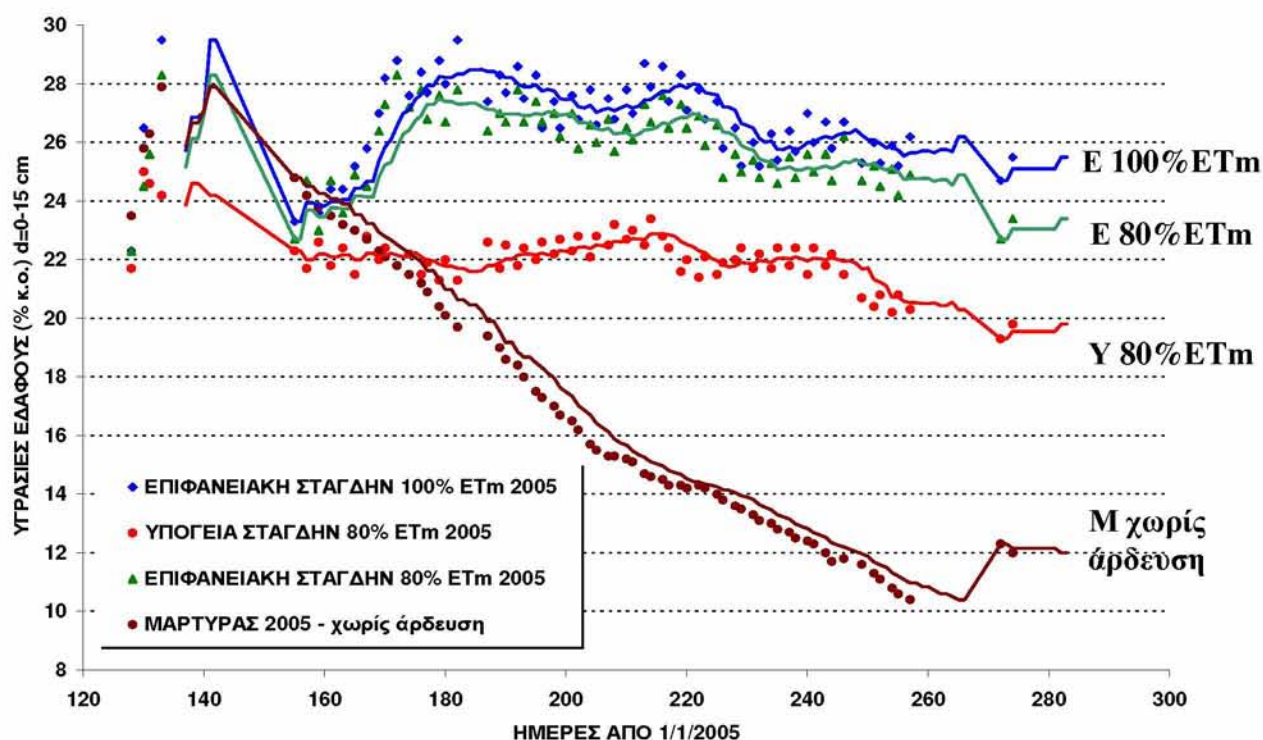
Διάγραμμα 7.2.12: Σύνολα χρησιμοποιούμενου νερού άρδευσης για τα έτη 2005, 2006 και 2007 της πρώιμης και όψιμης σποράς στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

7.5 Υγρασίες εδάφους

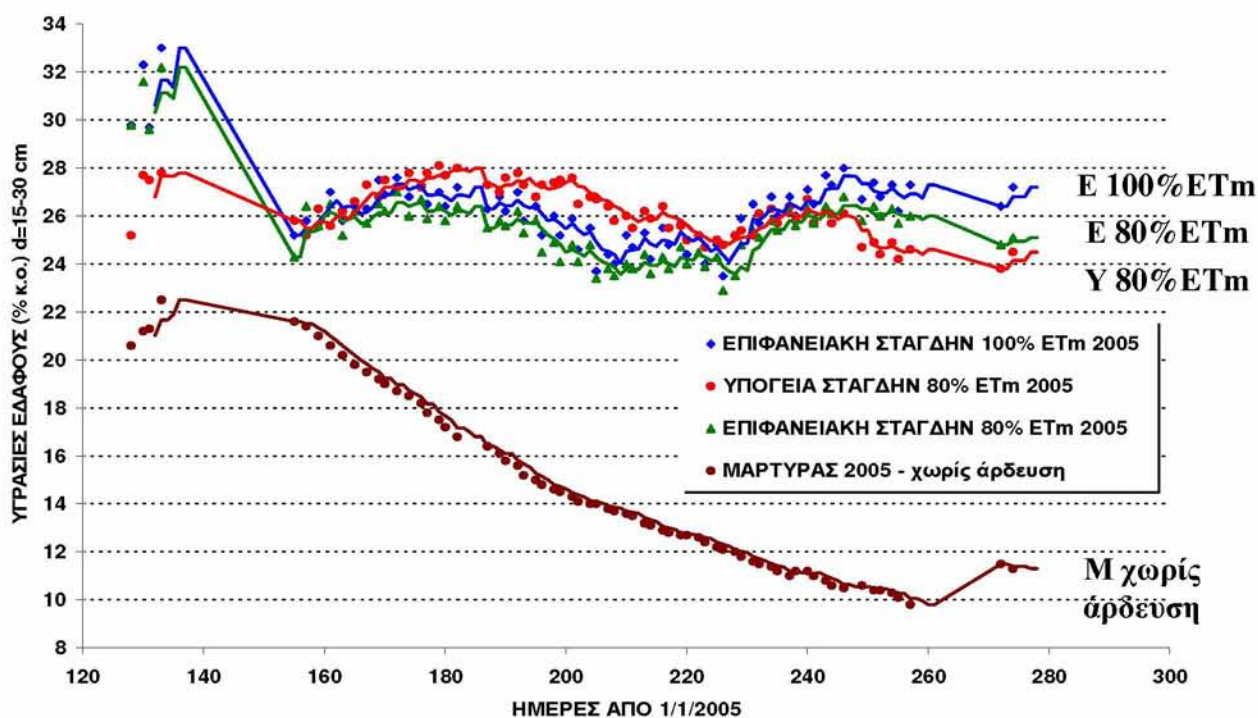
7.5.1 Γενικά

Στα διαγράμματα 7.3.1 έως και 7.3.15 απεικονίζονται οι μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας για το σύνολο των αρδευτικών περιόδων των ετών 2005, 2006 και 2007 (πρώιμη σπορά) στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Βελεστίνο) οι οποίες πραγματοποιήθηκαν με τη μέθοδο του T.D.R.

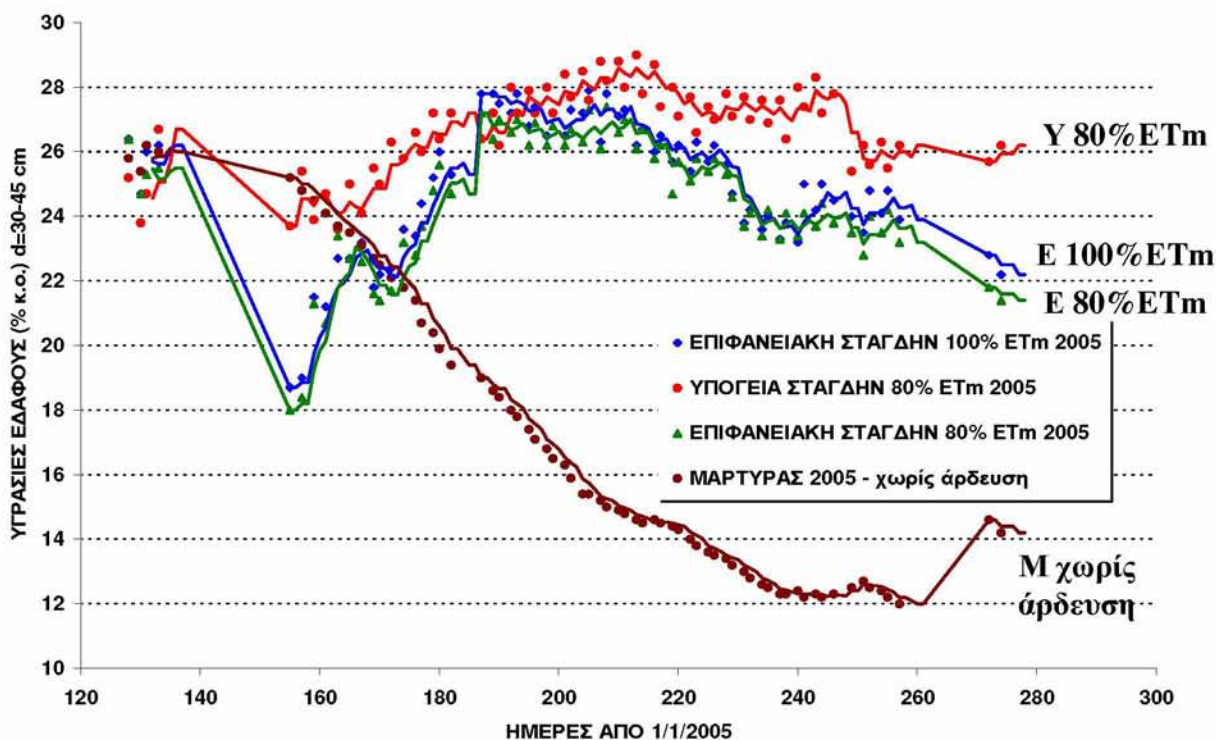
ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ



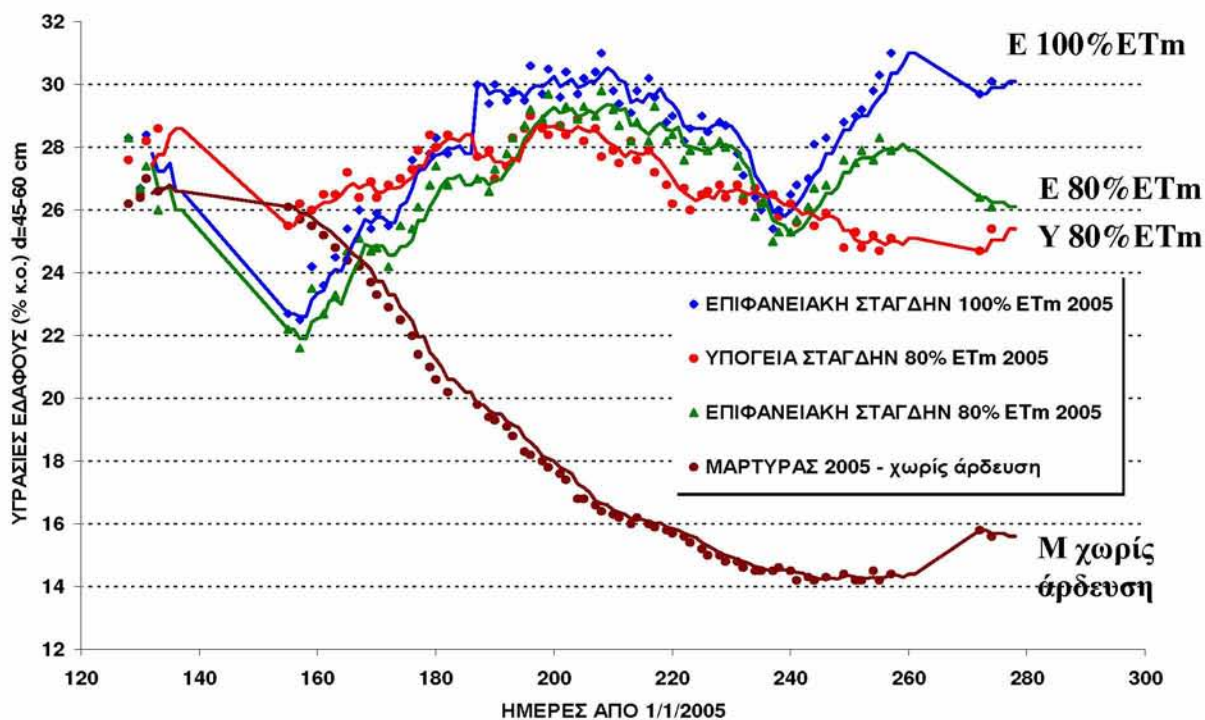
Διάγραμμα 7.3.1: Μεταβολές της εδαφικής υγρασίας για τη ζώνη του εδάφους από 0 – 15 cm για το σύνολο των μεταχειρίσεων της πρώιμης σποράς του έτους 2005 στο Βελεστίνο.



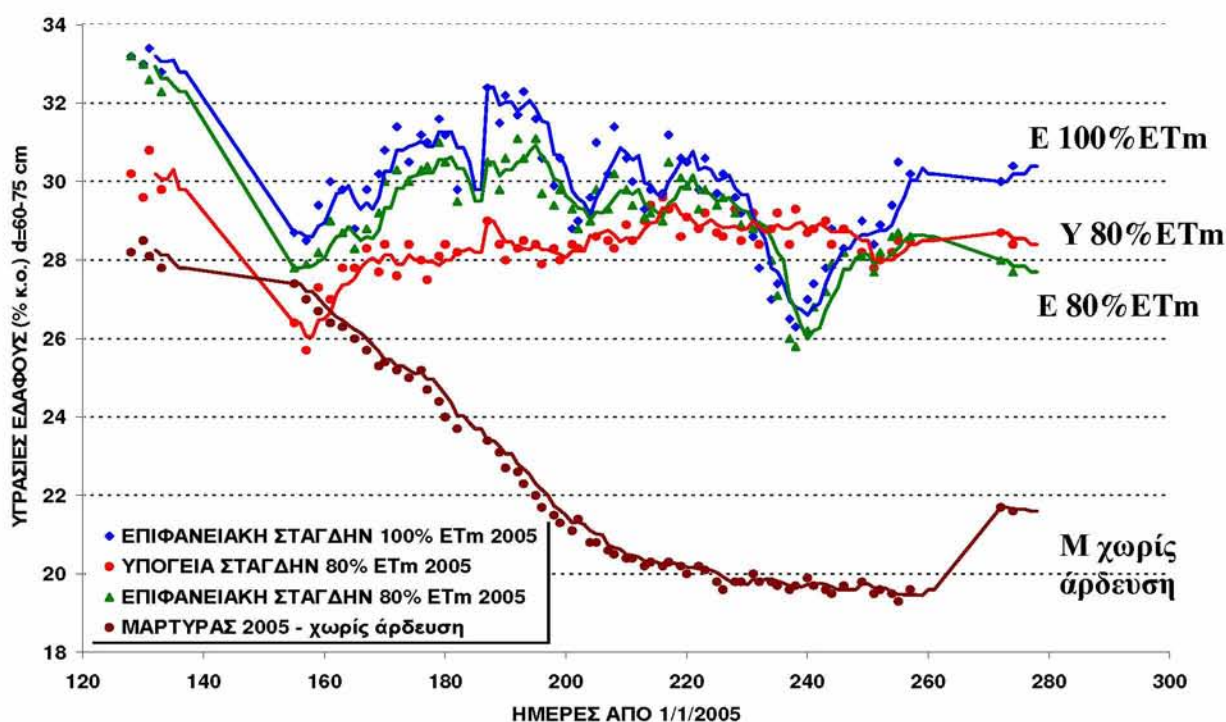
Διάγραμμα 7.3.2: Μεταβολές της εδαφικής υγρασίας για τη ζώνη του εδάφους από 15 – 30 cm για το σύνολο των μεταχειρίσεων της πρώιμης σποράς του έτους 2005 στο Βελεστίνο.



Διάγραμμα 7.3.3: Μεταβολές της εδαφικής υγρασίας για τη ζώνη του εδάφους από 30 – 45 cm για το σύνολο των μεταχειρίσεων της πρώιμης σποράς του έτους 2005 στο Βελεστίνο.



Διάγραμμα 7.3.4: Μεταβολές της εδαφικής υγρασίας για τη ζώνη του εδάφους από 45 – 60 cm για το σύνολο των μεταχειρίσεων της πρώιμης σποράς του έτους 2005 στο Βελεστίνο.



Διάγραμμα 7.3.5: Μεταβολές της εδαφικής υγρασίας για τη ζώνη του εδάφους από 60 – 75 cm για το σύνολο των μεταχειρίσεων της πρώιμης σποράς του έτους 2005 στο Βελεστίνο.

7.6 Συζήτηση – υγρασίες εδάφους 2005

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν, για το έτος 2005, 68 μετρήσεις, λίγο πριν την άρδευση (34 μετρήσεις) και μία ημέρα μετά από αυτήν (34 μετρήσεις), με σκοπό την καταγραφή της εδαφικής υγρασίας και τις διακυμάνσεις αυτής σε ολόκληρο το εύρος της εδαφικής κατατομής (0 – 75 cm) και για το σύνολο των μεταχειρίσεων (υπόγεια στάγδην, επιφανειακές στάγδην και μάρτυρας).

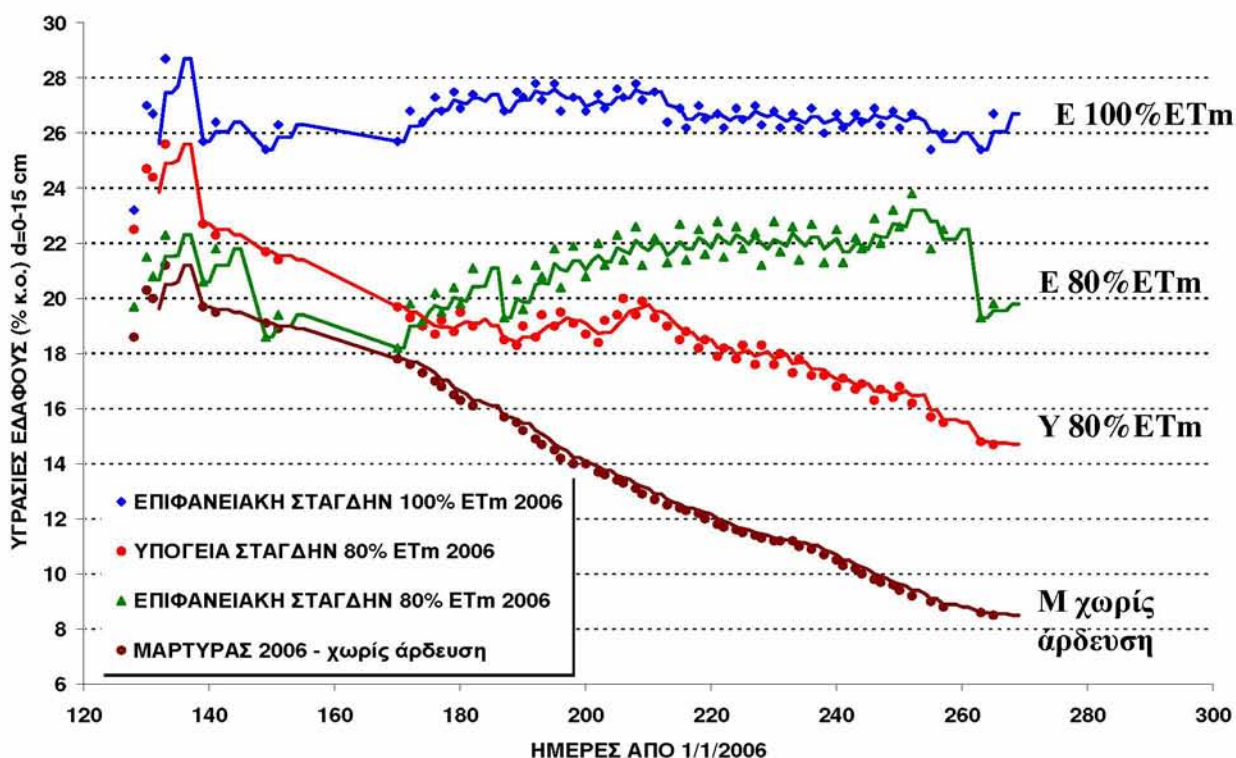
Ήταν λοιπόν εμφανής η υπεροχή των επιφανειακών στάγδην μεταχειρίσεων στο επιφανειακό κομμάτι της εδαφικής κατατομής (0 – 15 cm) έναντι της υπόγειας στάγδην μεταχείρισης, γεγονός που, όπως θα παρουσιαστεί και παρακάτω στα υποκεφάλαια της διατριβής “ύψος φυτών, φυλλική επιφάνεια, χλωρή και ξηρή βιομάζα”, επέτρεψε στις επιφανειακές μεταχειρίσεις να έχουν, στην έναρξη τουλάχιστον της καλλιεργητικής περιόδου, καλύτερα αποτελέσματα σε αναπτυξιακούς και παραγωγικούς δείκτες σε σχέση με τις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις.

Αντίθετα μικρή υπεροχή των επαναλήψεων της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι των επιφανειακών στάγδην παρουσιάστηκε στο κομμάτι της εδαφικής κατατομής από τα 30 – 45 cm, γεγονός το οποίο ήταν ουσιαστικής σημασίας για την ανάπτυξη και παραγωγικότητα της φυτείας που αρδεύτηκε υπογείως, κυρίως εξαιτίας

της ανάπτυξης, στο κομμάτι αυτό του εδάφους, του σημαντικότερου ποσοστού του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών.

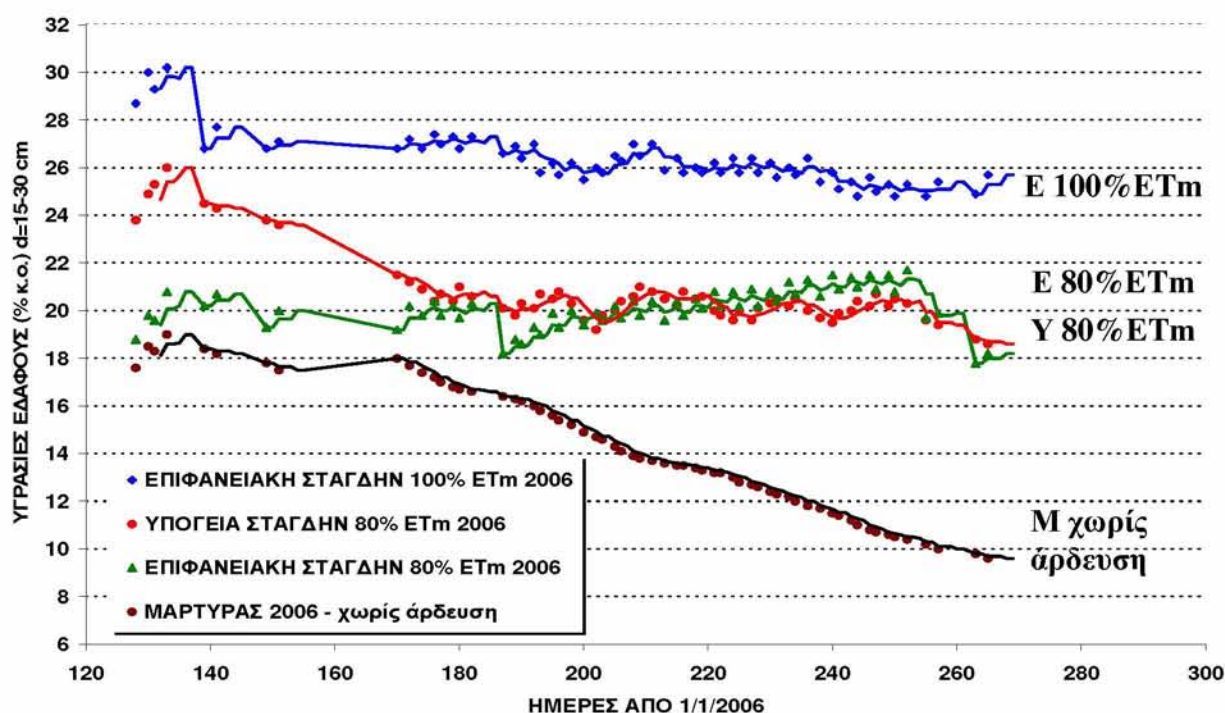
Σκοπός τέλος των αρδεύσεων, πέραν της ικανοποίησης των αναγκών της καλλιέργειας σε αρδευτικό νερό, εξαιτίας της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής, και αναγκαία και ικανή συνθήκη για την έναρξη μιας νέας άρδευσης, ήταν η διατήρηση της εδαφικής υγρασίας πλησίον της υδατοϊκανότητας στο κομμάτι του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών (μεταξύ των 30 και 60 cm).

Όπως είναι κατανοητό, σε καμία άλλη μεταχείριση πέραν της υπόγειας στάγδην άρδευσης, η προσπάθεια διατήρησης των τιμών της εδαφικής υγρασίας πλησίον της υδατοϊκανότητας δεν θα ήταν εφικτή, ειδικότερα στο κομμάτι της εδαφικής κατατομής από τα 30 – 60 cm, διότι μία τέτοια προσπάθεια θα είχε ως αποτέλεσμα, ιδίως στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην άρδευσης, της διατήρησης υψηλών τιμών εδαφικής υγρασίας στα ανώτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής άρα και σημαντικές απώλειες νερού λόγω εξάτμισης. Για το σκοπό αυτό άλλωστε το υπόγειο στάγδην δίκτυο τοποθετήθηκε στα 45 cm βάθος.

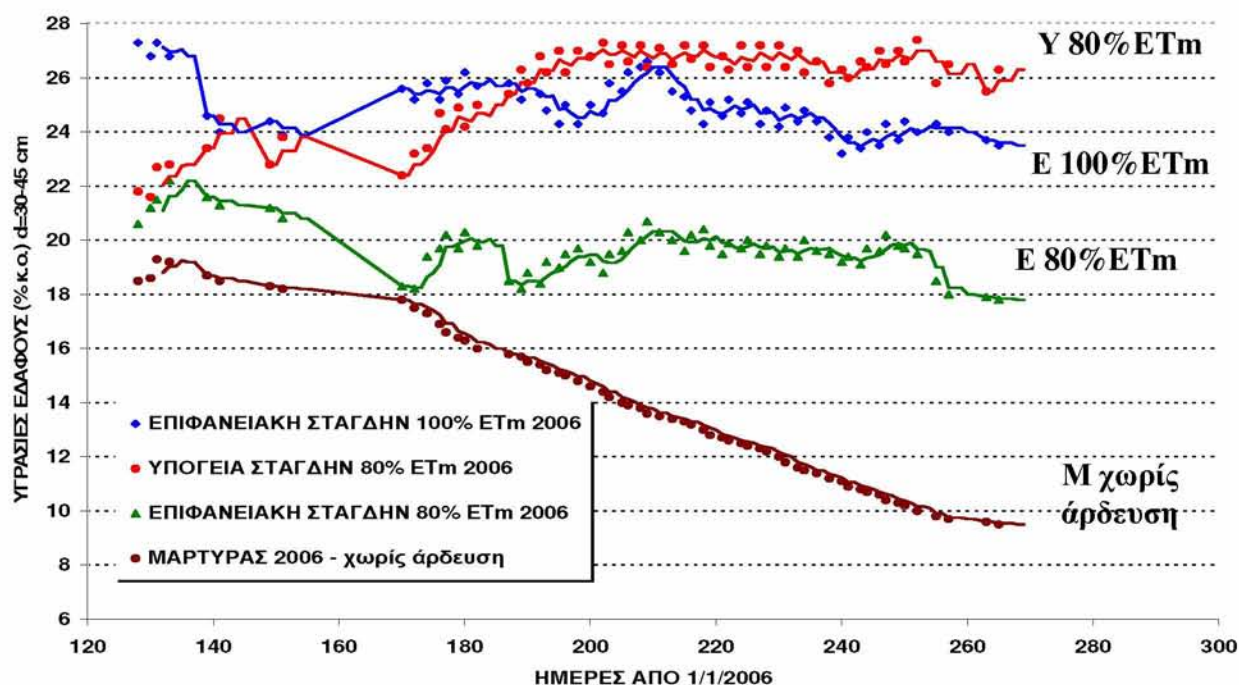


Διάγραμμα 7.3.6: Μεταβολές της εδαφικής υγρασίας για τη ζώνη του εδάφους από 0 – 15 cm για το σύνολο των μεταχειρίσεων της πρώιμης σποράς του έτους 2006 στο Βελεστίνο.

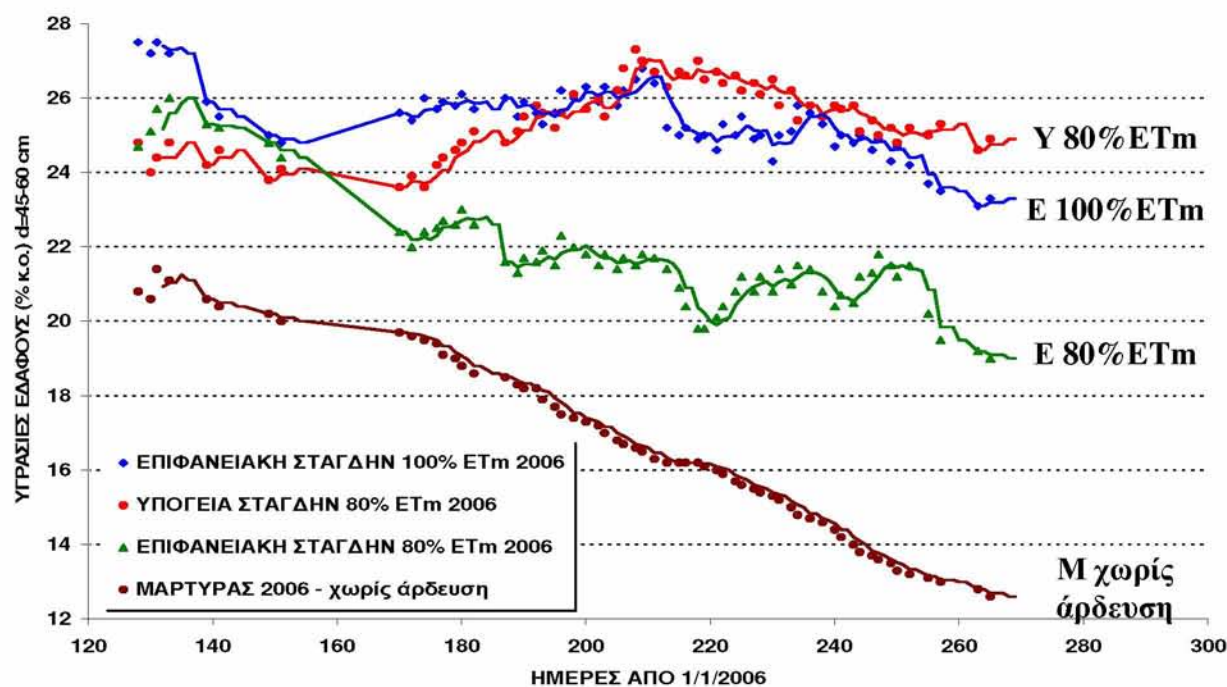
ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ



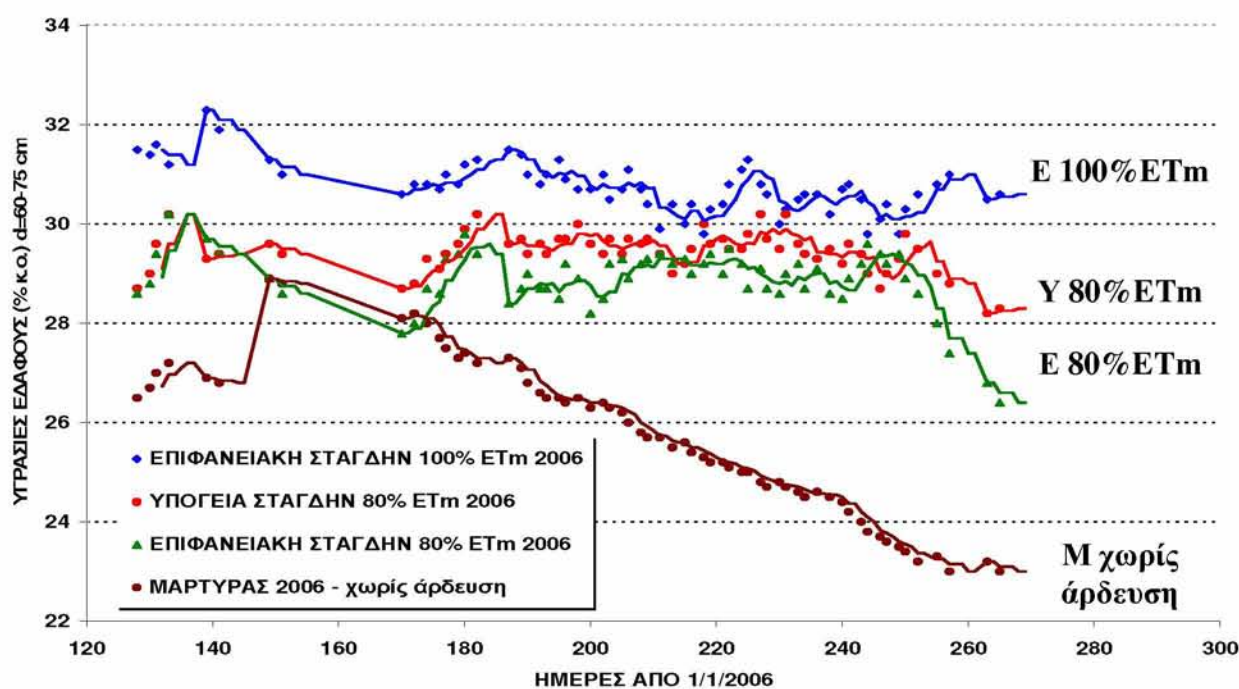
Διάγραμμα 7.3.7: Μεταβολές της εδαφικής υγρασίας για τη ζώνη του εδάφους από 15 – 30 cm για το σύνολο των μεταχειρίσεων της πρώιμης σποράς του έτους 2006 στο Βελεστίνο.



Διάγραμμα 7.3.8: Μεταβολές της εδαφικής υγρασίας για τη ζώνη του εδάφους από 30 – 45 cm για το σύνολο των μεταχειρίσεων της πρώιμης σποράς του έτους 2006 στο Βελεστίνο.



Διάγραμμα 7.3.9: Μεταβολές της εδαφικής υγρασίας για τη ζώνη του εδάφους από 45 – 60 cm για το σύνολο των μεταχειρίσεων της πρώιμης σποράς του έτους 2006 στο Βελεστίνο.

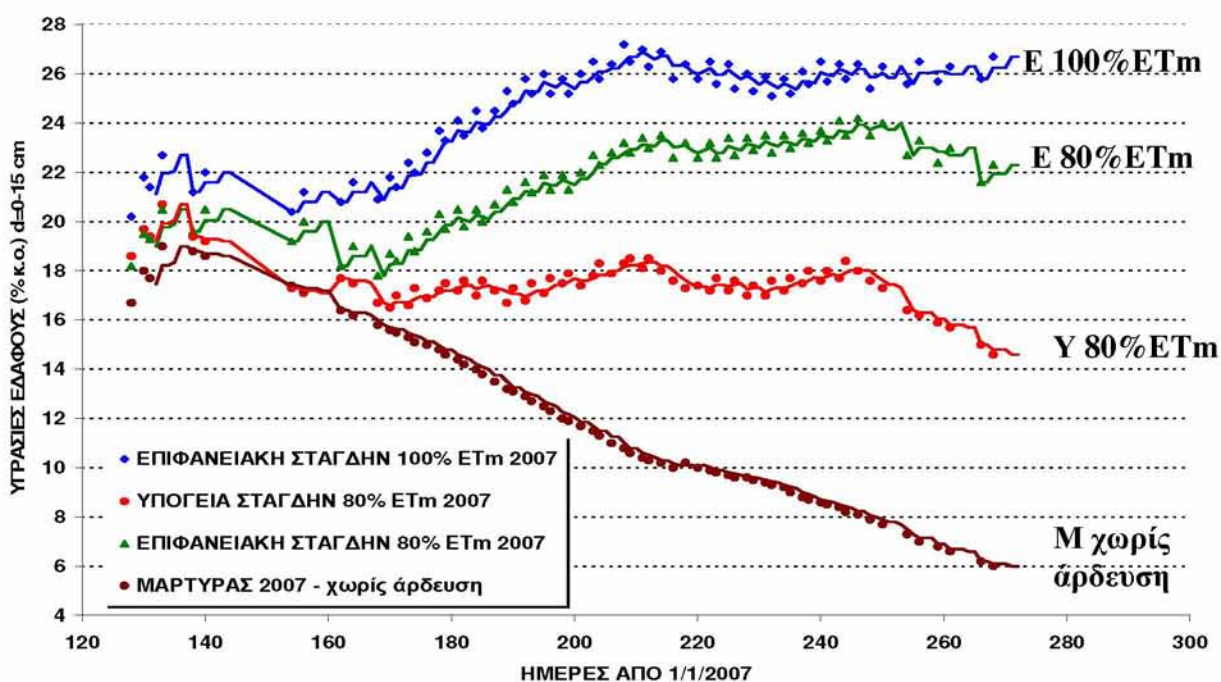


Διάγραμμα 7.3.10: Μεταβολές της εδαφικής υγρασίας για τη ζώνη του εδάφους από 60 – 75 cm για το σύνολο των μεταχειρίσεων της πρώιμης σποράς του έτους 2006 στο Βελεστίνο.

7.7 Συζήτηση – υγρασίες εδάφους 2006

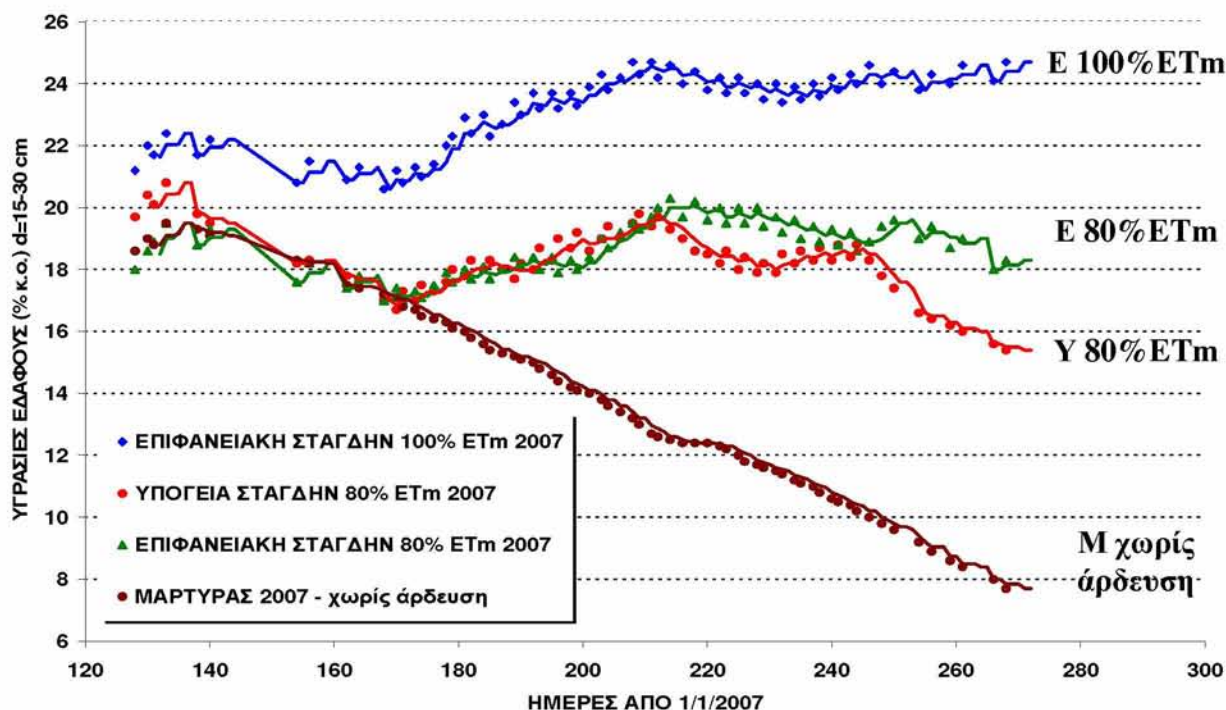
Αντίθετα το 2006 η συμπεριφορά των τιμών της εδαφικής υγρασίας ήταν διαφορετική. Παρουσιάστηκε, όπως και το 2005, ουσιαστική υπεροχή της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 100% των αναγκών σε νερό έναντι των υπολοίπων μεταχειρίσεων στα επιφανειακά στρώματα της εδαφικής κατατομής (0 – 15 cm και 15 – 30 cm), ενώ αντίθετα δεν ήταν πλέον διακριτή η υπεροχή της υπόγειας στάγδην άρδευσης στο κομμάτι του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών από τα 30 – 45 cm.

Τα αποτελέσματα αυτά ήταν απόρροια, από τη μία πλευρά, λόγω των σχετικά μειωμένων συνολικά σε σχέση με το 2005 δόσεων άρδευσης, που ουσιαστικά δεν επέτρεψαν τόσο στην υπόγεια στάγδην όσο και στην επιφανειακή στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό να εμφανίσουν υψηλές τιμές εδαφικής υγρασίας, και από την άλλη, διότι η επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, με το επιπλέον ποσοστό του 20% σε αρδευτικό νερό, εμφάνισε υψηλότερες ή και ταυτόσημες, με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις, τιμές εδαφικής υγρασίας σε όλο το βάθος της εδαφικής κατατομής, ειδικότερα σε μία σχετικώς άνυδρη χρονιά όπως το 2006 (οι περισσότερες βροχοπτώσεις σε ποσότητα και διάρκεια έκαναν την εμφάνιση τους στο τέλος της αρδευτικής περιόδου). Οι τιμές της εδαφικής υγρασίας του καλλιεργητικού έτους 2006 είχαν βέβαια σημαντική επίδραση κυρίως στους δείκτες της αναπτυξιακής διαδικασίας της καλλιέργειας, όπως αυτοί θα παρουσιαστούν παρακάτω.

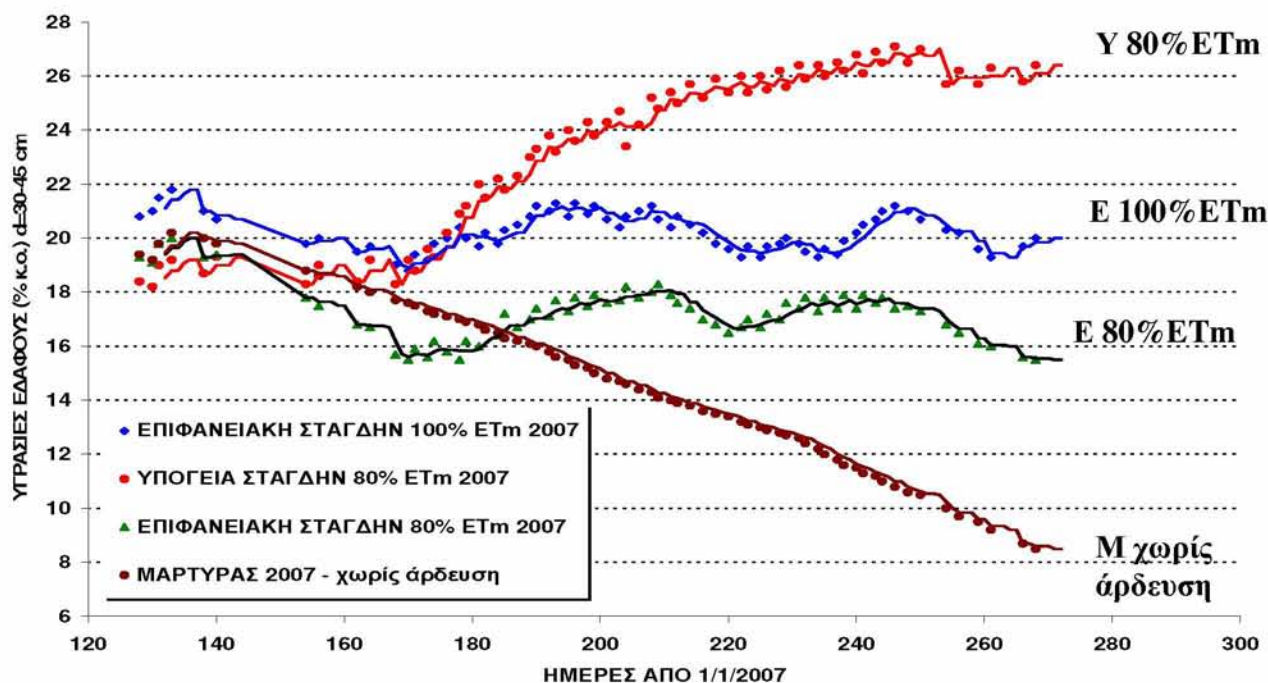


Διάγραμμα 7.3.11: Μεταβολές της εδαφικής υγρασίας για τη ζώνη του εδάφους από 0 – 15 cm για το σύνολο των μεταχειρίσεων της πρώιμης σποράς του έτους 2007 στο Βελεστίνο.

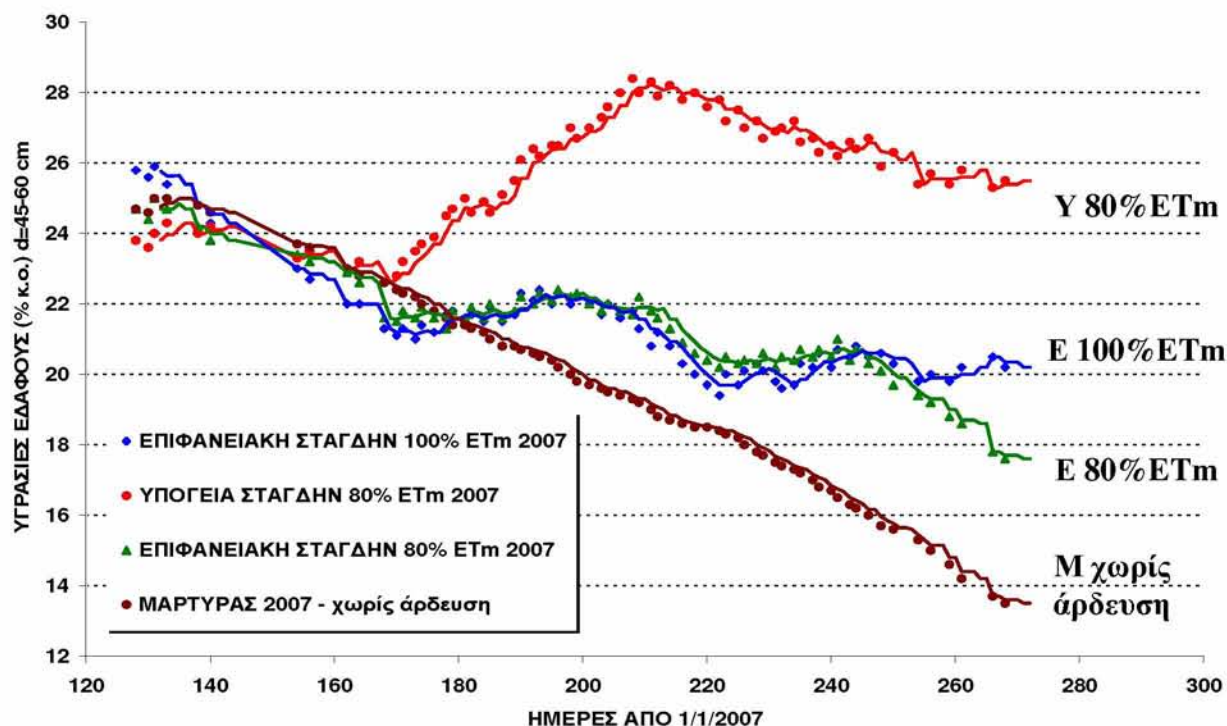
ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ



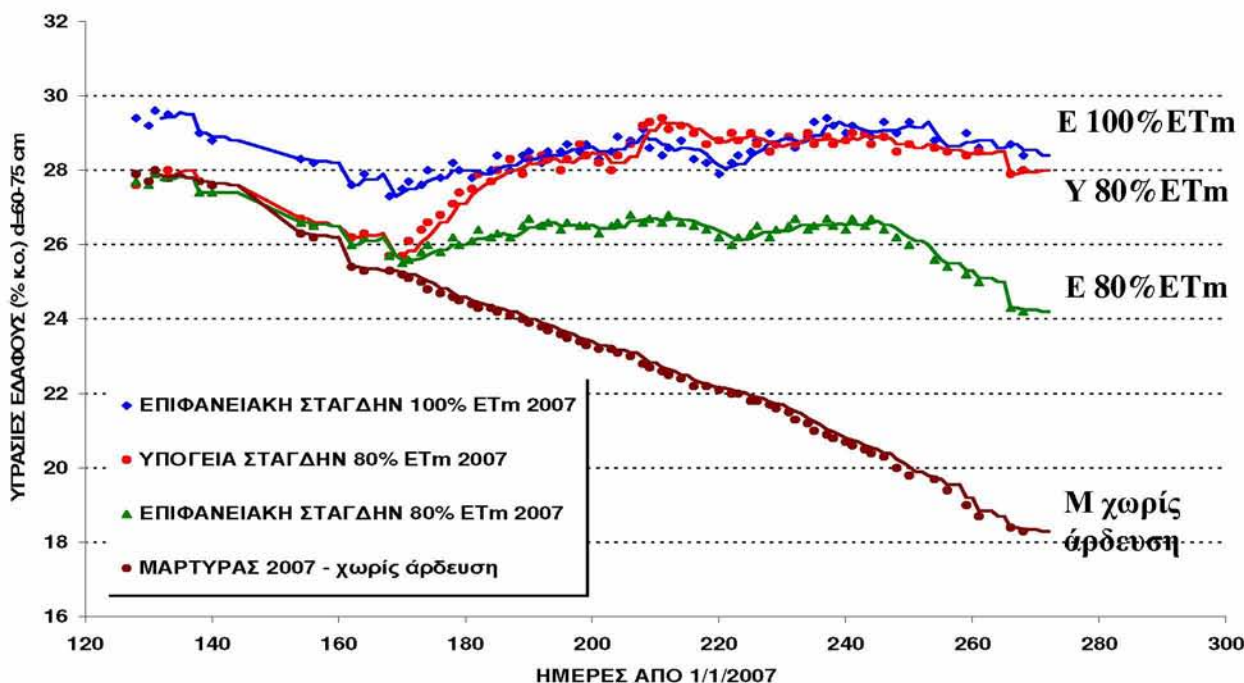
Διάγραμμα 7.3.12: Μεταβολές της εδαφικής υγρασίας για τη ζώνη του εδάφους από 15 – 30 cm για το σύνολο των μεταχειρίσεων της πρώιμης σποράς του έτους 2007 στο Βελεστίνο.



Διάγραμμα 7.3.13: Μεταβολές της εδαφικής υγρασίας για τη ζώνη του εδάφους από 30 – 45 cm για το σύνολο των μεταχειρίσεων της πρώιμης σποράς του έτους 2007 στο Βελεστίνο.



Διάγραμμα 7.3.14: Μεταβολές της εδαφικής υγρασίας για τη ζώνη του εδάφους από 45 – 60 cm για το σύνολο των μεταχειρίσεων της πρώιμης σποράς του έτους 2007 στο Βελεστίνο.



Διάγραμμα 7.3.15: Μεταβολές της εδαφικής υγρασίας για τη ζώνη του εδάφους από 60 – 75 cm για το σύνολο των μεταχειρίσεων της πρώιμης σποράς του έτους 2007 στο Βελεστίνο.

7.8 Συζήτηση – υγρασίες εδάφους 2007

Αρκετές διαφοροποιήσεις αλλά και συμβατότητες παρουσίασαν οι διακυμάνσεις της εδαφικής υγρασίας για το καλλιεργητικό έτος 2007, σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια, εξαιτίας κυρίως των ιδιαιτεροτήτων των κλιματικών δεδομένων της συγκεκριμένης χρονιάς (άνυδρο – ξηροθερμικό έτος). Έτσι, αποτυπώθηκε σημαντική υπεροχή των επιφανειακών στάγδην μεταχειρίσεων έναντι της υπόγειας στάγδην άρδευσης στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους (0 – 15 cm και 15 – 30 cm) και αντίστροφα σημαντική υπεροχή της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι των επιφανειακών στα βαθύτερα εδαφικά στρώματα (30 – 45 cm και 45 – 60 cm).

Οι διαφοροποιήσεις αυτές, όπως απεικονίζονται στα διαγράμματα 7.3.11 έως και 7.3.15, ήταν χαρακτηριστικές, εξαιτίας της χορήγησης μεγαλύτερων ποσοτήτων αρδευτικού νερού σε μικρότερα χρονικά διαστήματα διακοπής της άρδευσης (μεγαλύτερη συχνότητα των αρδεύσεων), σε σχέση με τα προηγούμενα έτη, συνέπεια κυρίως των ξηροθερμικών συνθηκών που επικράτησαν καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου του 2007.

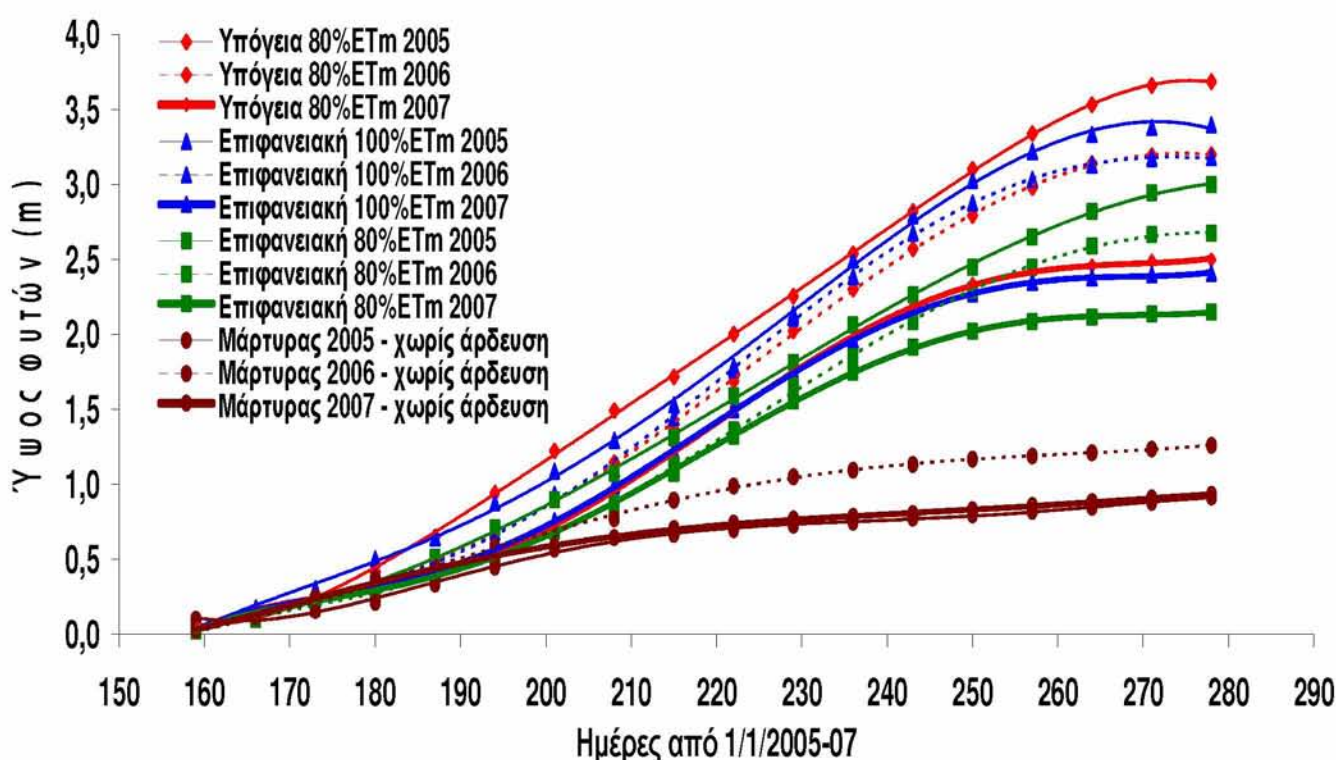
Οι πίνακες με τις μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας και οι διακυμάνσεις αυτής παρουσιάζονται στο τέλος της διατριβής και ειδικότερα στο κομμάτι του παραρτήματος για το σύνολο των μεταχειρίσεων και των ετών που διήρκησε το πείραμα στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

Στους πίνακες εμπεριέχονται επίσης και οι τιμές εδαφικής υγρασίας έναρξης και λήξης των αρδεύσεων, με τις αντίστοιχες διαφορές τους, κατά αντιστοιχία ημερολογιακά με τις μέγιστες τιμές αποδόσεων σε χλωρή και ξηρή βιομάζα. όπως άλλωστε χρησιμοποιήθηκαν στον υπολογισμό της αποδοτικότητας της άρδευσης (W.U.E. – βλ. αντίστοιχο κεφάλαιο παρακάτω).

7.9 Ύψος φυτών – πρώιμη σπορά

7.9.1 Γενικά

Η εξέλιξη των υψών των φυτών, της πρώιμης σποράς, όλων των μεταχειρίσεων που έτυχαν διαφορετικής μεθοδολογίας άρδευσης καθώς επίσης και του μάρτυρα για το σύνολο των ετών διεξαγωγής του πειράματος, απεικονίζεται στο διάγραμμα 7.4.1.



Διάγραμμα 7.4.1: Εξέλιξη των υψών της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων και των ετών διεξαγωγής του πειράματος στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο (πρώιμη σπορά).

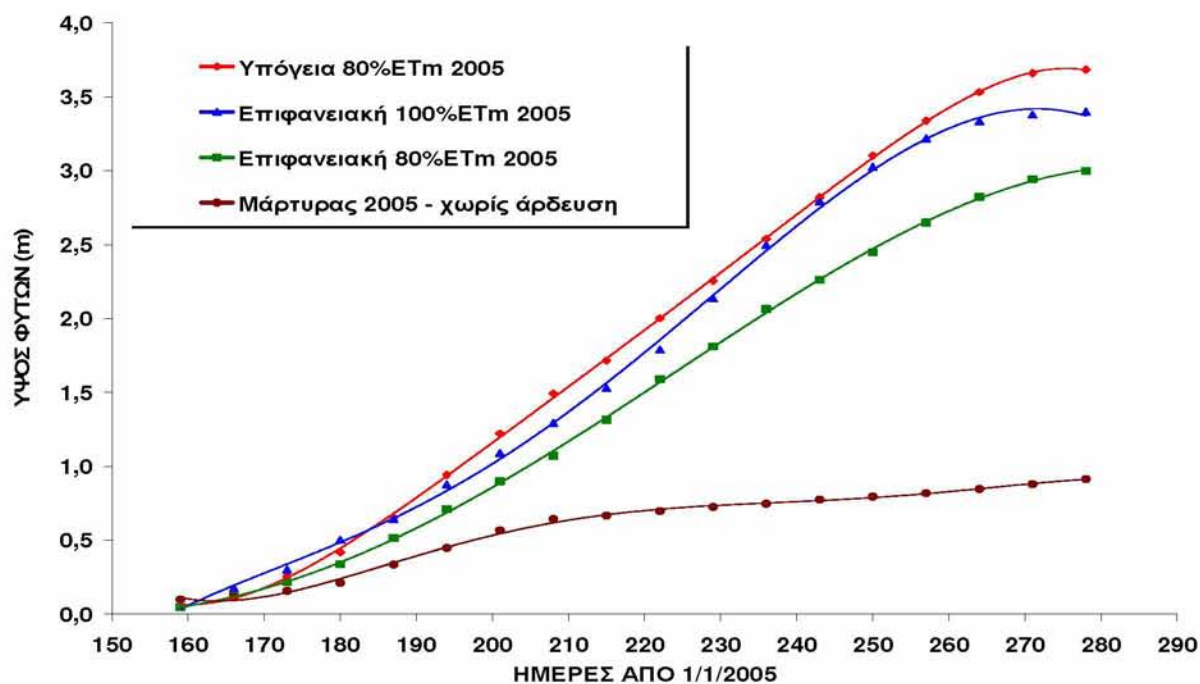
7.9.2 Ύψος φυτών πρώιμης σποράς έτους 2005

7.9.2.1 Γενικά

Στον πίνακα 7.2.1 παρουσιάζονται οι μεταβολές ως περιοδικοί (ημερήσιοι) ρυθμοί αύξησης των υψών των φυτών στο σύνολο των μεταχειρίσεων για τη πρώιμη σπορά του έτους 2005.

Πίνακας 7.2.1: Ρυθμοί μεταβολής ύψους φυτών έτους 2005						
Περίοδοι μέτρησης	7/6-21/6	22/6-12/7	13/7-2/8	3/8-23/8	24/8-13/9	14/9-4/10
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Μεταβολή υψών (cm d ⁻¹)					
Υπόγεια στάγδην 80% ETm	1,4-1,7	2,3-4,4	3,0-4,4	3,5-4,2	3,4-4,2	0,2-3,0
Επιφανειακή στάγδην 100% ETm	1,5-1,9	2,0-3,4	2,7-3,5	3,6-5,3	2,3-4,6	0,2-1,9
Επιφανειακή στάγδην 80% ETm	1,0-1,4	1,5-3,0	2,3-3,5	3,1-4,0	1,7-3,8	0,5-2,7
Μάρτυρας – χωρίς άρδευση	0,3-0,6	0,7-1,8	0,3-1,8	0,2-0,5	0,2-0,4	0,3-0,6

Επίσης, στο διάγραμμα 7.4.2 αποτυπώνεται η εξέλιξη των υψών των φυτών για το σύνολο των μεταχειρίσεων για το έτος 2005.



Διάγραμμα 7.4.2: Εξέλιξη των υψών της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων κατά το έτος 2005 (πρώιμη σπορά).

Όπως λοιπόν παρουσιάζεται τόσο στο διάγραμμα 7.4.2 όσο και στον πίνακα 7.2.1, για τη πρώιμη σπορά του έτους 2005, τους μεγαλύτερες αναπτυξιακούς δείκτες, τη πρώτη περίοδο ανάπτυξης εμφάνισαν οι επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με σταγόνα

επιφανειακά στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, ακολουθούμενες από τις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις και τις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό. Η εξέλιξη αυτή προέκυψε, όπως είναι ευκόλως κατανοητό για τη συγκεκριμένη αναπτυξιακή φάση της καλλιέργειας, εξαιτίας της μικρής ανάπτυξης του ριζικού συστήματος των φυτών και της εύκολης πρόσβασης του νερού στο ενεργό ριζόστρωμα των φυτών επιφανειακά. Το ύψος των φυτών, τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο, κυμάνθηκε στα 25 – 30 cm στο σύνολο των μεταχειρίσεων, με αυτή του μάρτυρα να υπολείπεται σημαντικά των υπολοίπων.

Την επόμενη περίοδος μέτρησης, έως και το δεύτερο δεκαήμερο του Ιουλίου, ανατράπηκε η αρχική κατάσταση και πλέον οι υψηλότεροι αναπτυξιακοί ρυθμοί εμφανίστηκαν στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης, οι οποίοι επιπροσθέτως ήταν και αρκετά υψηλοί αγγίζοντας τα $4,4 \text{ cm d}^{-1}$. Τα φυτά ξεπέρασαν το 1 m ύψος στις υπόγειες στάγδην και στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό επαναλήψεις. Αντίθετα στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό το μέσο ύψος, τη συγκεκριμένη περίοδο, κυμάνθηκε από τα 0,75 – 0,90 m.

Από το τελευταίο δεκαήμερο του Ιουλίου έως και το δεύτερο δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου αποτυπώθηκε σταθεροποίηση των αναπτυξιακών ρυθμών στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις και οι τιμές κυμάνθηκαν από τα 3,0 – 4,4 cm d^{-1} . Τα φυτά στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις ξεπέρασαν τα 2 m μετά το πρώτο δεκαήμερο του Αυγούστου και τα 3 m τη πρώτη εβδομάδα του Σεπτεμβρίου. Αντίθετα σημαντικές διακυμάνσεις παρουσίασαν οι αναπτυξιακοί ρυθμοί στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις στο 100% των απαιτήσεων σε νερό.

Η καλύτερη περίοδος για τις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό ήταν από τις αρχές Αυγούστου μέχρι και τις αρχές Σεπτεμβρίου ($3,6 - 5,3 \text{ cm d}^{-1}$), καθώς παρουσίασαν τους υψηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης από κάθε άλλη αρδευόμενη μεταχείριση, ξεπερνώντας τα 2 m στο δεύτερο δεκαήμερο του Αυγούστου και τα 3 m κατά τη διάρκεια της πρώτης εβδομάδας του Σεπτεμβρίου. Όσον αφορά τις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, οι αναπτυξιακοί ρυθμοί ήταν σαφώς υποδεέστεροι των υπολοίπων αρδευομένων μεταχειρίσεων, με εξαίρεση τον μήνα Αύγουστο ($3,1 - 4,0 \text{ cm d}^{-1}$). Το ύψος του 1 m, στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, επιτεύχθηκε στο τελευταίο δεκαήμερο του Ιουλίου ενώ το ύψος των 2 m στις αρχές του τελευταίου δεκαήμερου του Αυγούστου και των 3 m στις αρχές Οκτωβρίου, αποδεικνύοντας τη μεγάλη δυναμικότητα και αντοχή της καλλιέργειας ακόμη και σε μειωμένες εισροές σε αρδευτικό νερό. Τέλος και όσον αφορά το μάρτυρα (χωρίς άρδευση) οι αναπτυξιακοί του ρυθμοί ήταν υποτυπώδεις, με εξαίρεση τις αρχές με μέσα Ιουλίου ($1,8 \text{ cm d}^{-1}$) εξαιτίας των μικρής έντασης των βροχοπτώσεων της συγκεκριμένης περιόδου. Πρέπει όμως να τονιστεί ιδιαίτερος σε αυτό το σημείο ότι, θα ήταν μαθηματικώς βέβαιη η εμφάνιση αρνητικών ρυθμών

ανάπτυξης και παραγωγικότητας, εάν οποιοδήποτε άλλο ανοιξιάτικο δημητριακό αντιμετωπιζόταν όπως τα φυτά του σόργου, δηλαδή χωρίς καθόλου άρδευση, ακόμη και για τους πιο ανθεκτικούς στη ξηρασία σπόρους. Αντίθετα τα φυτά του γλυκού σόργου υπομονετικά, σαν να βρίσκονται σε κατάσταση λήθαργου, ανέμεναν τις πρώτες βροχές για να αναπτυχθούν ξανά.

Εκτιμώντας τους ρυθμούς της αναπτυξιακής διαδικασίας, όπως αυτή αποτυπώθηκε με τη μέθοδο της γεωστατιστικής τόσο στο επίπεδο όσο και στο χώρο (βλ. παράρτημα – αποτύπωση ύψους με τη μέθοδο της γεωστατιστικής έτους 2005), παρατηρήθηκε σε όλες σχεδόν τις αρδευόμενες επαναλήψεις μικρή ανωτερότητα των κεντρικών σειρών της καλλιέργειας (2^η – 5^η σειρά), εξαιτίας της αμφίπλευρα άμεσης πρόσβασης του ριζικού συστήματος των φυτών στο εδαφικό νερό. Η ανωτερότητα αυτή πάντως δεν αποτέλεσε το γενικό κανόνα συμπεριφοράς της φυτείας καθώς σε πολλές περιπτώσεις και οι τελικές σειρές των φυτών εμφάνισαν υψηλότερους αναπτυξιακούς ρυθμούς, σε σχέση με τις κεντρικές σειρές, πιθανόν εξαιτίας της ιδιομορφίας του εδάφους σε φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά (σύσταση, κλίση, πορώδες, υδατοχωρητικότητα, γονιμότητα, θερμοκρασία, θέση). Επομένως, δεν είναι δυνατό να ειπωθεί με βεβαιότητα ότι υπήρξε ανωτερότητα των φυτών των κεντρικών σειρών της κάθε μεταχείρισης έναντι των τελικών (1^{ης} και 6^{ης}) σε αναπτυξιακούς ρυθμούς, λόγω της αμφίπλευρης πρόσβασης τους στο αρδευτικό νερό, αλλά αντίθετως η κατάσταση που επικράτησε στον αγρό μπορεί να χαρακτηριστεί κάλλιστα ως χαοτική, ανεξάρτητα με τη στατιστική ανωτερότητα της μίας μεταχείρισης έναντι των υπολοίπων σε ρυθμούς ανάπτυξης, μέσους όρους και τελικές τιμές υψών.

Εκείνο όμως που κατά γενική ομολογία αποτέλεσε δεδομένο ήταν η εμφάνιση σταθερών ρυθμών ανάπτυξης των φυτών στο κομμάτι των πειραματικών που είχαν νοτιοανατολική θέση στο χώρο. Παρουσιάστηκε δηλαδή μία κατά κάποιο τρόπο ομοιομορφία στη μορφολογία ανάπτυξης τμήματος των επαναλήψεων των μεταχειρίσεων που είχαν νοτιοανατολική τοποθέτηση επί του πειραματικού σχεδίου. Η “προνομιακή” άμεση “επαφή” των φυτών με τις ευεργετικές ιδιότητες της ηλιακής ακτινοβολίας σε συνδυασμό και με την επάρκεια νερού έδωσε τη δυνατότητα στα συγκεκριμένα τμήματα των πειραματικών να αποδώσουν μεγαλύτερους αναπτυξιακούς ρυθμούς σε μέσους όρους και τελικές τιμές υψών.

Η στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα SPSS ανέδειξε μία σαφή ανωτερότητα της υπόγειας στάγδην άρδευσης, σε επίπεδο σημαντικότητας 95%, σε τελικούς μέσους όρους υψών (t-test), έναντι των υπολοίπων μεταχειρίσεων στο σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου, με εξαίρεση το διάστημα από το τελευταίο δεκαήμερο του Αυγούστου έως και το πρώτο δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου, κατά το οποίο προέκυψε σύγκλιση τιμών μεταξύ της υπόγειας στάγδην άρδευσης και της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, λόγω των υψηλών αναπτυξιακών ρυθμών της εν λόγω μεταχείρισης.

Η ανωτερότητα αυτή της υπόγειας στάγδην άρδευσης, έναντι των υπολοίπων αρδευομένων μεταχειρίσεων, ήταν απόρροια της άμεσης πρόσβασης του αρδευτικού νερού στο ενεργό κομμάτι του ριζοστρώματος των φυτών. Αντίθετα σαφής ήταν η υπεροχή της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, σε επίπεδο σημαντικότητας 95%, έναντι της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, αποδεικνύοντας, ακόμη και με τη χρήση σύγχρονων συστημάτων άρδευσης, το σημαντικό έλλειμμα που παρουσιάζεται στην ανάπτυξη των υδρόφιλων φυτών, ακόμη και για θεωρητικά μικρές μειώσεις (20%) εισροών νερού. Τέλος, η ανωτερότητα όλων των αρδευομένων μεταχειρίσεων ήταν σαφής, σε επίπεδο σημαντικότητας 95% επί του συνόλου των τιμών του ύψους φυτών, έναντι αυτής του μάρτυρα στο σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου.

7.9.3 Ύψος φυτών πρώιμης σποράς έτους 2006

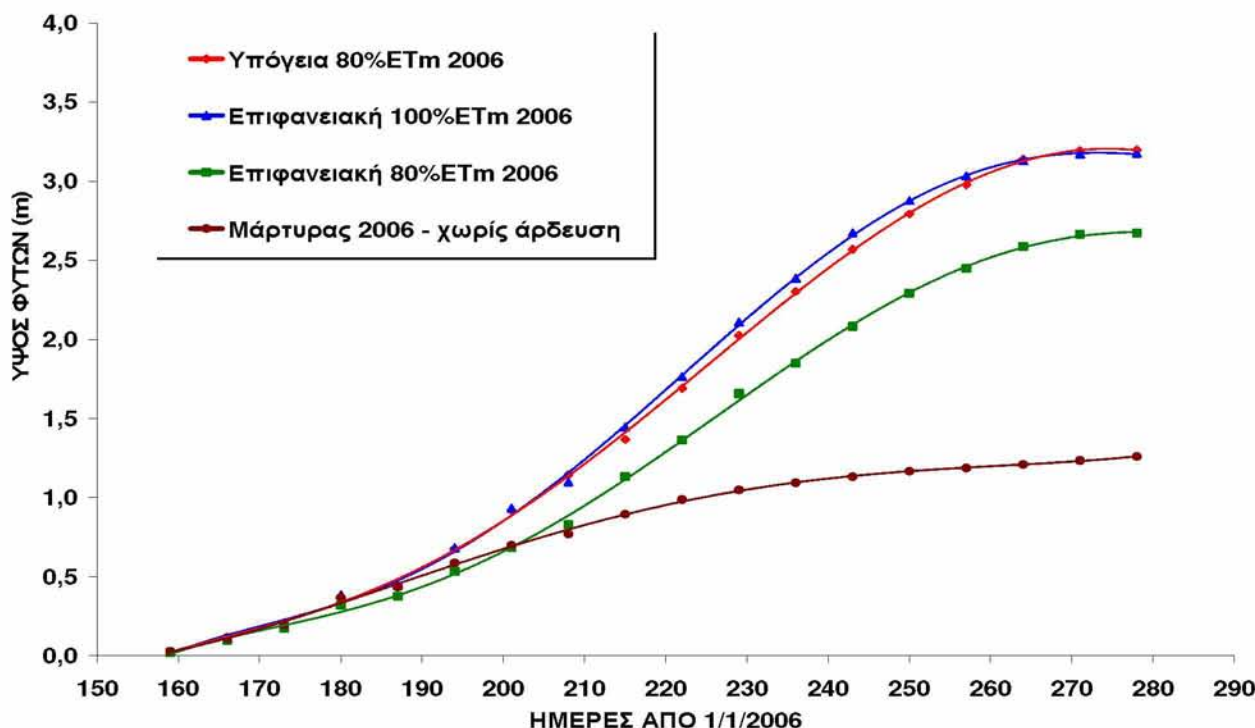
7.9.3.1 Γενικά

Στον πίνακα 7.2.2 παρουσιάζονται οι μεταβολές ως περιοδικοί (ημερήσιοι) ρυθμοί αύξησης των υψών των φυτών στο σύνολο των μεταχειρίσεων για τη πρώιμη σπορά του έτους 2006.

Πίνακας 7.2.2: Ρυθμοί μεταβολής ύψους φυτών έτους 2006						
Περίοδοι μέτρησης	7/6-21/6	22/6-12/7	13/7-2/8	3/8-23/8	24/8-13/9	14/9-4/10
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Μεταβολή υψών (cm d ⁻¹)					
Υπόγεια στάγδην 80% ETm	1,1-1,4	1,0-3,5	2,2-4,8	2,8-6,0	2,5-4,1	0,0-2,4
Επιφανειακή στάγδην 100% ETm	1,0-1,5	0,7-5,0	1,7-5,3	2,5-6,5	2,1-4,9	0,0-1,6
Επιφανειακή στάγδην 80% ETm	0,9-1,4	0,6-3,1	1,4-6,0	2,3-5,0	2,2-3,3	0,0-2,3
Μάρτυρας – χωρίς άρδευση	1,0-1,4	0,8-2,9	0,9-3,0	0,4-1,6	0,3-0,6	0,2-0,4

Παράλληλα, στο αντίστοιχο διάγραμμα 7.3.4 αποτυπώνεται η εξέλιξη των υψών των φυτών για το σύνολο των μεταχειρίσεων για το έτος 2006.

Το καλλιεργητικό έτος του 2006 αποτέλεσε εξαίρεση, όσον αφορά την ανάπτυξη των φυτών, υπό το καθεστώς της υπόγειας και της επιφανειακής στάγδην άρδευσης.



Διάγραμμα 7.4.3: Εξέλιξη των υψών της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων κατά το έτος 2006 (πρώιμη σπορά).

Καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου οι ρυθμοί ανάπτυξης στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό ήταν ανώτεροι αυτών που αρδεύτηκαν με σταγόνα υπογείως. Παρότι οι ρυθμοί αναπτυξιακής διαδικασίας στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις ακολούθησαν κατά πόδας αυτές των επιφανειακών στάγδην επαναλήψεων στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, σε καμία χρονική περίοδο δεν επιβλήθηκαν αυτών. Έτσι, και ενώ την πρώτη περίοδο μέτρησης παρατηρήθηκαν εφάμιλλοι ρυθμοί ανάπτυξης της τάξης των 1,4 – 1,5 cm d⁻¹, από το δεύτερο δεκαήμερο του Ιουλίου έως και το δεύτερο δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου παρατηρήθηκαν υψηλοί ρυθμοί ανάπτυξης, στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, της τάξης των 5,0 – 6,5 cm d⁻¹ (με κατώτερες καταγεγραμμένες τιμές 1,7 – 2,5 cm d⁻¹), σε αντιπαραβολή με τους ρυθμούς ανάπτυξης στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης οι οποίοι κυμάνθησαν μεταξύ των τιμών 3,5 – 6,0 cm d⁻¹ (με κατώτερες καταγεγραμμένες τιμές 1,0 – 2,8 cm d⁻¹). Όσον αφορά την επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, οι ρυθμοί ανάπτυξης των υψών ήταν εφάμιλλοι αυτών του 2005, παρότι σε συγκεκριμένες επαναλήψεις εμφανίστηκαν υψηλότεροι ρυθμοί ενώ σε άλλες σημαντικά χαμηλότεροι. Σε καμία περίπτωση πάντως δεν ήταν υψηλότεροι των υπολοίπων αρδευομένων μεταχειρίσεων. Με μία πιο προσεκτική ματιά στους ρυθμούς μεταβολής, παρατηρούμε μία σχετική όψιμη ανάπτυξη των επαναλήψεων που αρδεύτηκαν με σταγόνα επιφανειακά στο 80% των απαιτήσεων σε νερό σε σχέση

με τις υπόλοιπες αρδευόμενες μεταχειρίσεις (υψηλοί δείκτες στα μέσα Ιουλίου – αρχές Αυγούστου). Ειδικότερη μνεία πρέπει να γίνει στο συγκεκριμένο σημείο για τη αναπτυξιακή συμπεριφορά του μάρτυρα. Παρατηρήθηκαν μεγαλύτεροι ρυθμοί ανάπτυξης σε σχέση με το καλλιεργητικό έτος του 2005, που ως αποτέλεσμα είχαν τις υψηλότερες τελικές τιμές σε αποδόσεις χλωρής και ξηρής βιομάζας της μεταχείρισης (βλ. και κεφάλαιο χλωρή και ξηρή βιομάζα μεταχειρίσεων).

Οι υπόγειες στάγδην και οι επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό ξεπέρασαν το 1 m στις αρχές του τελευταίου δεκαημέρου του Ιουλίου, τα 2 m στα μέσα του δευτέρου δεκαημέρου του Αυγούστου και τα 3 m στις αρχές του δευτέρου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου. Αντίθετα οι επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, ξεπέρασαν το 1 m κατά τη διάρκεια των τελευταίων ημερών του Ιουλίου, τα 2 m κατά τη διάρκεια των τελευταίων ημερών του Αυγούστου, ενώ δεν ξεπέρασαν τα 3 m. Τέλος, στις επαναλήψεις του μάρτυρα, το ύψος του 1 m, ως τελικός μέσος όρος, επιτεύχθηκε, για πρώτη και μοναδική φορά, στις αρχές του δευτέρου δεκαημέρου του Αυγούστου.

Εκτιμώντας τους ρυθμούς της αναπτυξιακής διαδικασίας, όπως αυτή αποτυπώθηκε με τη μέθοδο της γεωστατιστικής τόσο στο επίπεδο όσο και στο χώρο (βλ. παράρτημα – αποτύπωση ύψους με τη μέθοδο της γεωστατιστικής έτους 2006), δεν παρατηρήθηκε σαφή υπεροχή κάποιας εκ των σειρών σε τελικές τιμές ύψους και μάλλον επικράτησε, όπως και το 2005, μια χαοτική κατάσταση στην εξέλιξη των υψών των φυτών στο επίπεδο των πειραματικών. Αντίστοιχα όμως με το 2005 η νοτιοανατολική τοποθέτηση των φυτών επέδρασε ευεργετικά τόσο στην αναπτυξιακή διαδικασία αυτών όσο και στη σχετική ομοιομορφία της καλλιέργειας.

Η στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα SPSS δεν ανέδειξε σαφή ανωτερότητα μεταξύ της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό και της υπόγειας στάγδην άρδευσης, σε επίπεδο σημαντικότητας 95% επί του συνόλου των μετρήσεων (t-test). Μικρή διεύρυνση αυτής της κατά τα άλλα απόλυτης ισορροπίας εμφανίστηκε στα τέλη Ιουλίου και στις αρχές Σεπτεμβρίου, υπέρ της επιφανειακής στάγδην άρδευσης, η οποία δεν ήταν όμως στατιστικώς σημαντική. Αντίθετα σαφή υπεροχή των μεταχειρίσεων της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό και της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα παρατηρήθηκε καθ' όλη τη καλλιεργητική περίοδο του 2006, με εξαίρεση τις αρχές της καλλιεργητικής περιόδου έως και τα μέσα Μαΐου, χρονική περίοδος κατά την οποία δεν υπήρξε βέβαια διαχωρισμός της μεθόδου άρδευσης.

Συμπερασματικά οι ευεργετικές βροχοπτώσεις των μηνών Ιουνίου και Σεπτεμβρίου συνεπικουρούμενες από τις ήπιες θερμοκρασίες του καλλιεργητικού έτους 2006 και σε συνδυασμό με την επάρκεια σε εδαφικό νερό κατά τους κρίσιμους μήνες, επέδρασαν θετικά στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα των φυτών του γλυκού σόργου.

Ειδικότερα, η μειωμένη επιφανειακή εξάτμιση και η μεγάλη συχνότητα των αρδεύσεων σε μικρότερες δόσεις (ποσότητες), επέτρεψαν στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 100% των απαιτήσεων σε νερό να επιτύχουν ισάξιους ρυθμούς ανάπτυξης με τις αντίστοιχες της υπόγειας στάγδην άρδευσης, υποσκελίζοντας το πλεονέκτημα αυτών σχετικά με την άμεση πρόσβαση του αρδευτικού νερού στο ενεργό κομμάτι του ριζικού συστήματος των φυτών. Η μειωμένη δράση της εξάτμισης και η επάρκεια αρδευτικού νερού ωφέλησαν ταυτοχρόνως και τα φυτά στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, αποδίδοντας ικανοποιητικά, παράλληλα και με την ενστικτώδη αντίδραση των συγκεκριμένων φυτών της μεταχείρισης για γρήγορη ανάπτυξη.

Απόδειξη όλων των παραπάνω ήταν και η συμπεριφορά των φυτών στις επαναλήψεις του μάρτυρα (χωρίς άρδευση), για τις κλιματικές συνθήκες που επικράτησαν το έτος 2006, επιτυγχάνοντας τους υψηλότερους ρυθμούς αναπτυξιακής δραστηριότητας από το σύνολο των ετών πραγματοποίησης του πειράματος.

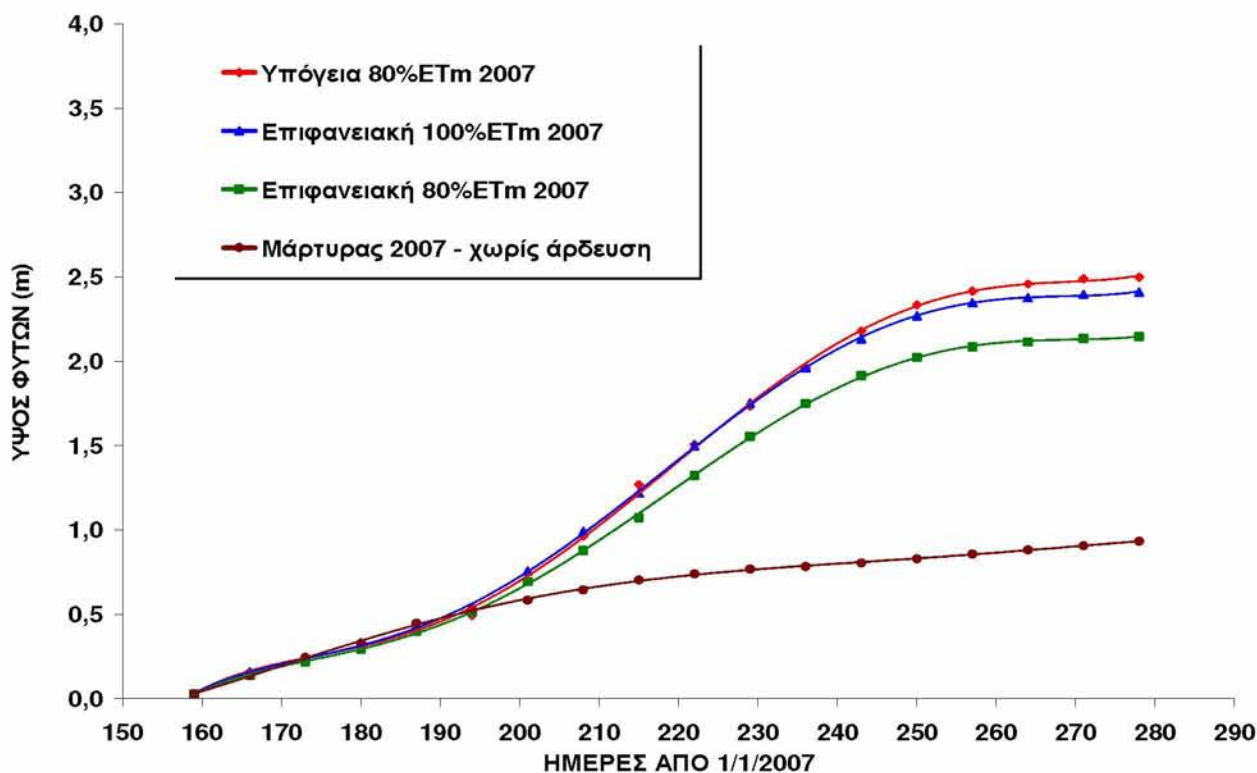
7.9.4 Ύψος φυτών πρώιμης σποράς έτους 2007

7.9.4.1 Γενικά

Στον πίνακα 7.2.3 παρουσιάζονται οι μεταβολές ως περιοδικοί (ημερήσιοι) ρυθμοί αύξησης των υψών των φυτών στο σύνολο των μεταχειρίσεων για τη πρώιμη σπορά του έτους 2007.

Πίνακας 7.2.3: Ρυθμοί μεταβολής ύψους φυτών έτους 2007						
Περίοδοι μέτρησης	7/6-21/6	22/6-12/7	13/7-2/8	3/8-23/8	24/8-13/9	14/9-4/10
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Μεταβολή υψών (cm d ⁻¹)					
Υπόγεια στάγδην 80% ETm	0,8-1,9	0,8-1,8	2,4-4,7	2,7-4,2	0,7-3,5	0,1-0,7
Επιφανειακή στάγδην 100% ETm	0,9-2,1	0,9-1,9	2,0-4,1	2,1-4,7	0,9-3,5	0,1-0,5
Επιφανειακή στάγδην 80% ETm	0,7-1,8	0,8-2,7	1,9-3,5	1,8-4,4	0,8-2,5	0,2-0,4
Μάρτυρας – χωρίς άρδευση	1,4-1,8	0,9-2,3	0,6-1,1	0,2-0,6	0,2-0,4	0,3-0,4

Επίσης, στο αντίστοιχο διάγραμμα 7.4.4 αποτυπώνεται η εξέλιξη των υψών των φυτών για το σύνολο των μεταχειρίσεων για το έτος 2007.



Διάγραμμα 7.4.4: Εξέλιξη των υψών της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων κατά το έτος 2007 (πρώιμη σπορά).

Η ξηροθερμική ιδιομορφία του έτους 2007 με τις υψηλές τιμές επιφανειακής εξάτμισης, σε αντίθεση με τα προηγούμενα καλλιεργητικά έτη, παράλληλα με την εξάντληση των απαραίτητων για την ανάπτυξη των φυτών θρεπτικών στοιχείων του εδάφους, επέδρασε αρνητικά στη αναπτυξιακή δραστηριότητα της καλλιέργειας.

Με εξαίρεση τη περίοδο από τις αρχές έως και το δεύτερο δεκαήμερο του Αυγούστου, κατά την οποία παρατηρήθηκαν σχεδόν ισάξιοι ρυθμοί ανάπτυξης (επάρκεια νερού – πλήρως ανεπτυγμένο ριζικό σύστημα), αντίστοιχα για τη κάθε μεταχείριση, το υπόλοιπο καλλιεργητικό έτος οι ρυθμοί ανάπτυξης ήταν σαφώς υποβαθμισμένοι. Ειδικότερα, η ελαχιστοποίηση των αναπτυξιακών ρυθμών από το τελευταίο δεκαήμερο του Ιουνίου έως και τις αρχές του δεύτερου δεκαημέρου του Ιουλίου και αντίστοιχα από τα τέλη Αυγούστου έως και τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου, σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια, δεν επέτρεψε την επίτευξη ικανοποιητικών τελικών τιμών ύψους στο σύνολο των μεταχειρίσεων.

Ταυτόχρονα οι ελάχιστες τιμές των ρυθμών ανάπτυξης ήταν και οι πλέον υποβαθμισμένες στο σύνολο των ετών του πειράματος. Έτσι τα φυτά ξεπέρασαν το 1 m στα τέλη Ιουλίου με αρχές Αυγούστου, στο σύνολο των αρδευομένων μεταχειρίσεων, καθυστερημένα κατά 15 – 20 ημέρες σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια.

Αντίστοιχα η επίτευξη του στόχου των 2 m στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό και στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις έγινε επίσης με καθυστέρηση 15 – 20 ημερών, ενώ στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό με καθυστέρηση 10 – 15 ημερών σε σχέση με τα προηγούμενα έτη διεξαγωγής του πειράματος. Τέλος καμία από τις αρδευόμενες μεταχειρίσεις δεν ξεπέρασε τα 3 m μέχρι και τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου.

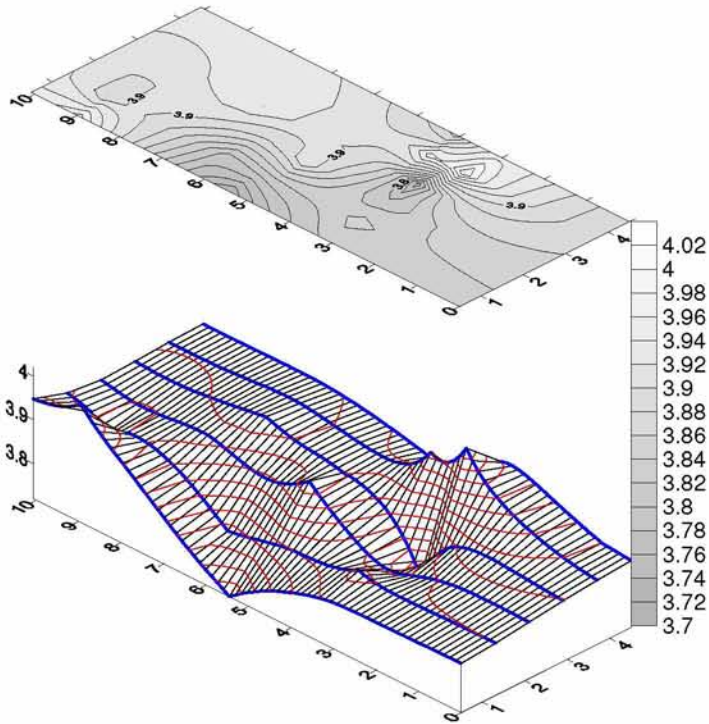
Εκτιμώντας τους ρυθμούς της αναπτυξιακής διαδικασίας, όπως αυτή αποτυπώθηκε με τη μέθοδο της γεωστατιστικής τόσο στο επίπεδο όσο και στο χώρο (βλ. παράρτημα – αποτύπωση ύψους με τη μέθοδο της γεωστατιστικής έτους 2007), δεν παρατηρήθηκε σαφή υπεροχή κάποιας εκ των σειρών σε τελικές τιμές ύψους και μάλλον επικράτησε, όπως και τα έτη 2005 και 2006, μια χαοτική κατάσταση στην εξέλιξη των φυτών στο επίπεδο των πειραματικών. Αντίστοιχα όμως με τα προηγούμενα χρόνια η νοτιοανατολική τοποθέτηση των φυτών επέδρασε ευεργετικά στην αναπτυξιακή τους διαδικασία. Εμφανής ήταν πλέον και η υποβάθμιση των κεντρικών σειρών των πειραματικών (2^η – 5^η σειρά) σε τελικές τιμές ύψους φυτών, στο σύνολο των αρδευόμενων μεταχειρίσεων, εξαιτίας της μείωσης, με το πέρασμα των ετών, της επάρκειας σε θρεπτικά στοιχεία του εδάφους.

Η στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα SPSS ανέδειξε σαφή υπεροχή, σε επίπεδο σημαντικότητας 95% επί του συνόλου των μετρήσεων, των μεταχειρίσεων της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό και της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα, από τα τέλη Ιουλίου – αρχές Αυγούστου ως και το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου, γεγονός ασυνήθιστο, καθώς τα προηγούμενα χρόνια με τη διαφοροποίηση της άρδευσης στα τέλη Μαΐου η συγκεκριμένη ανωτερότητα ήταν ήδη εμφανής. Μεταξύ της υπόγειας στάγδην και της επιφανειακής στο 100% των απαιτήσεων σε νερό δεν υπήρξε σημαντική διαφοροποίηση με εξαίρεση το διάστημα από το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Σεπτεμβρίου έως και τα τέλη της καλλιεργητικής περιόδου κατά το οποίο εκδηλώθηκε μία στατιστικώς σημαντική ανωτερότητα υπέρ της υπόγειας στάγδην άρδευσης. Τέλος τονίζεται ότι οι τιμές του μάρτυρα παρέμειναν χαμηλές σε σχέση με το 2006, αλλά εφάμιλλες του 2005.

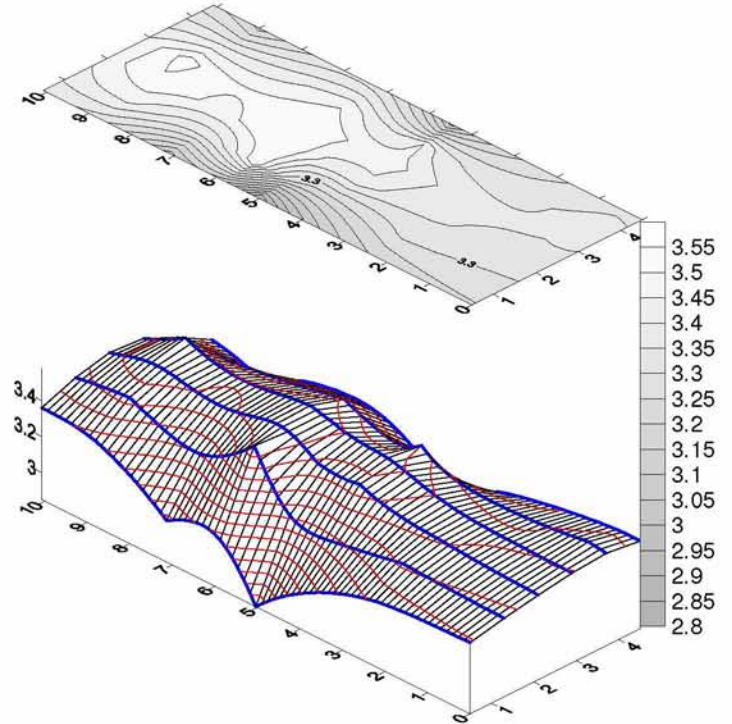
Εν κατακλείδι, η καταπόνηση των φυτών εξαιτίας των ακραίων κλιματικών δεδομένων σε συνδυασμό και με την εξάντληση των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους είχε ως αποτέλεσμα την καθήλωση των αναπτυξιακών δεικτών των φυτών στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις για το σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου του έτους 2007.

ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ 27/9/2005 – ΔΕΙΓΜΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ

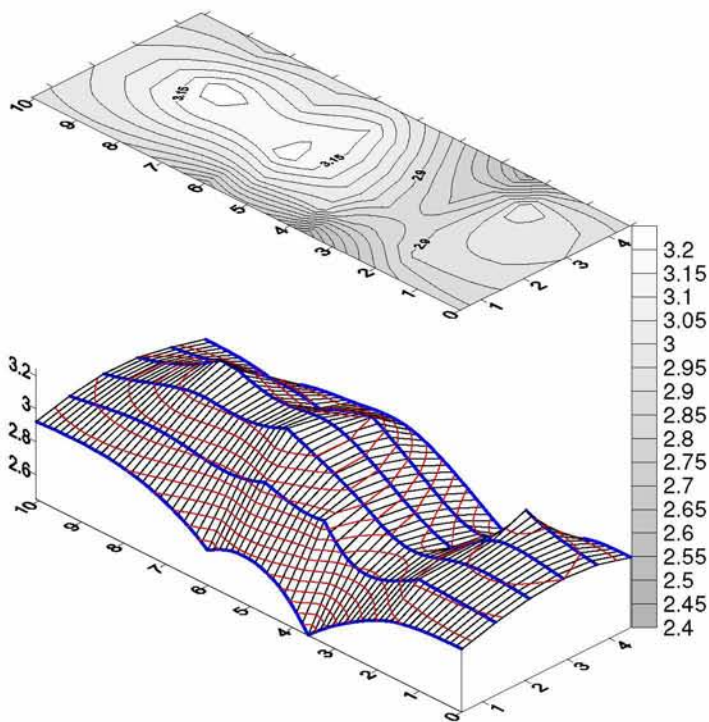
Υ12 – Επανάληψη Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm



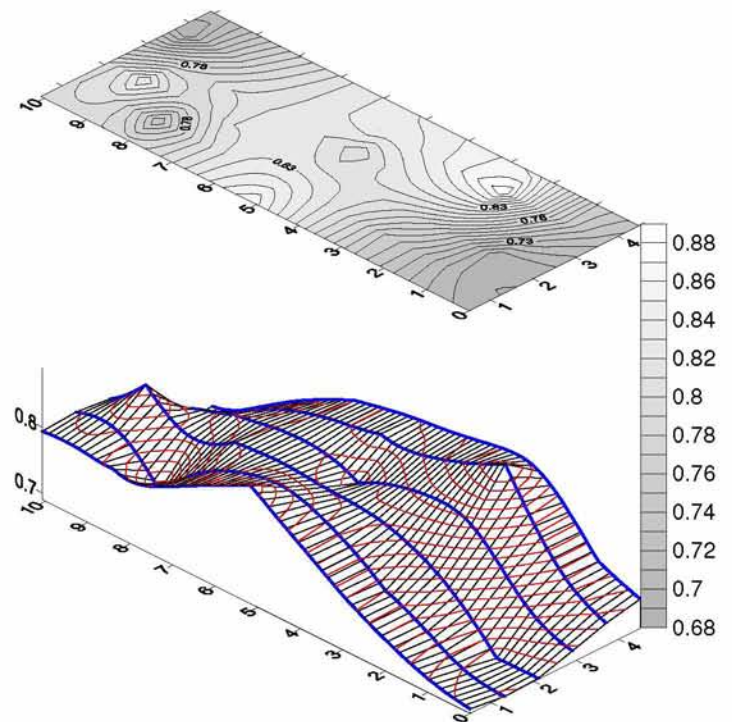
Ε3 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 100%ETm



Ε2 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm



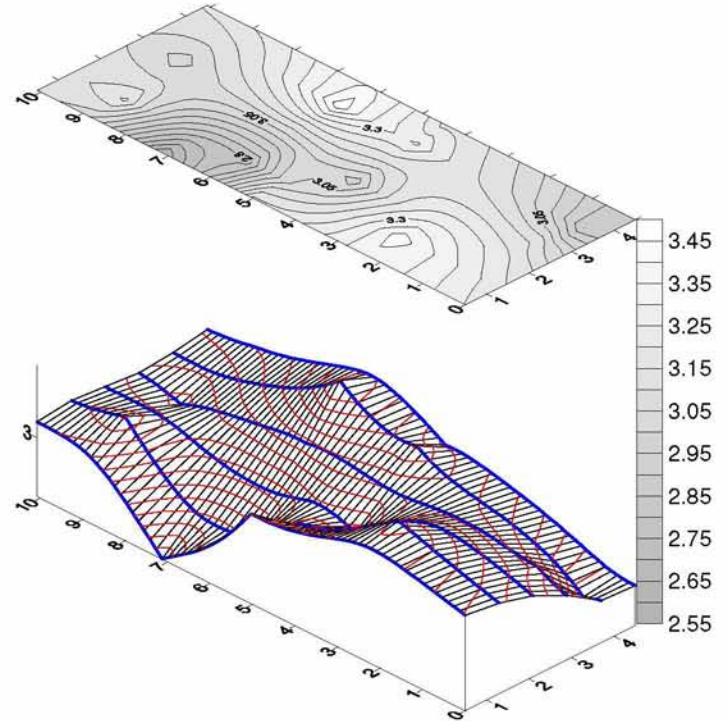
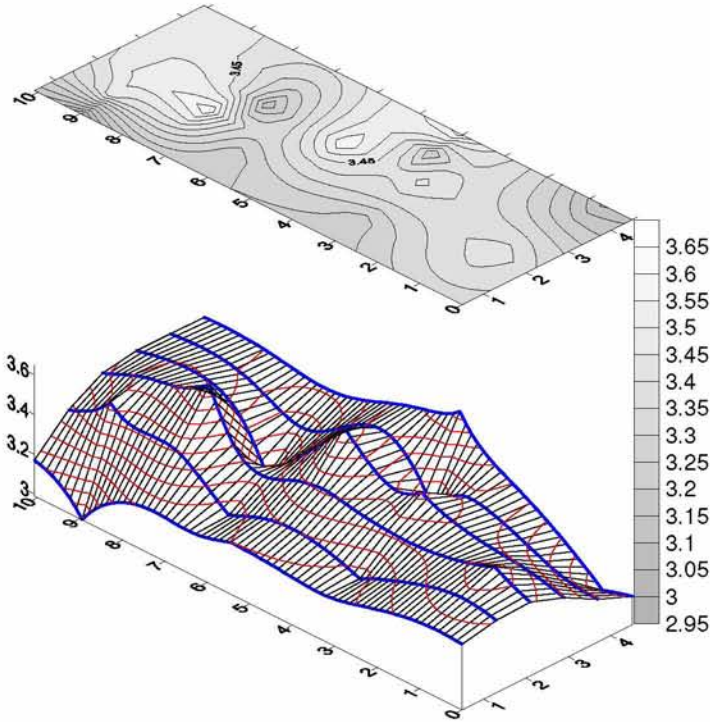
Μ4 – Επανάληψη Μάρτυρα – χωρίς άρδευση



ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ 27/9/2006 – ΔΕΙΓΜΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ

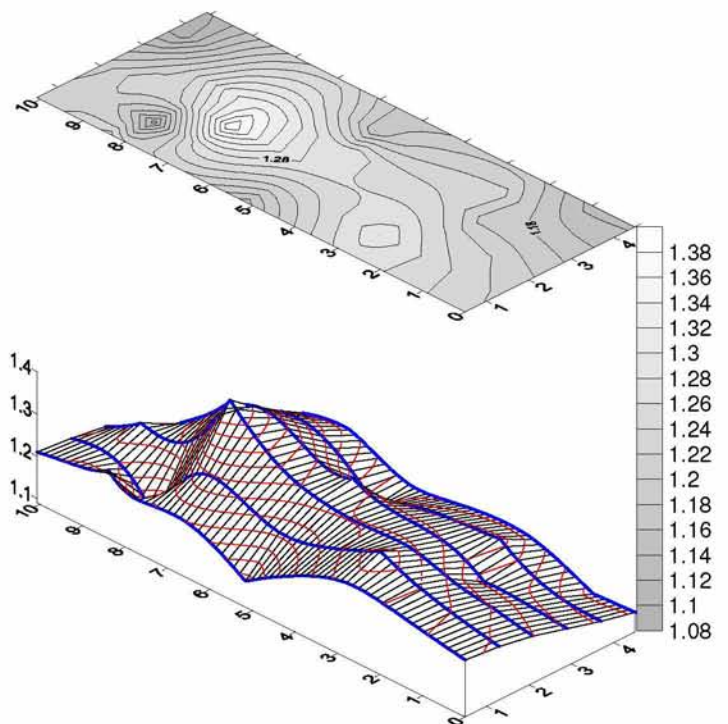
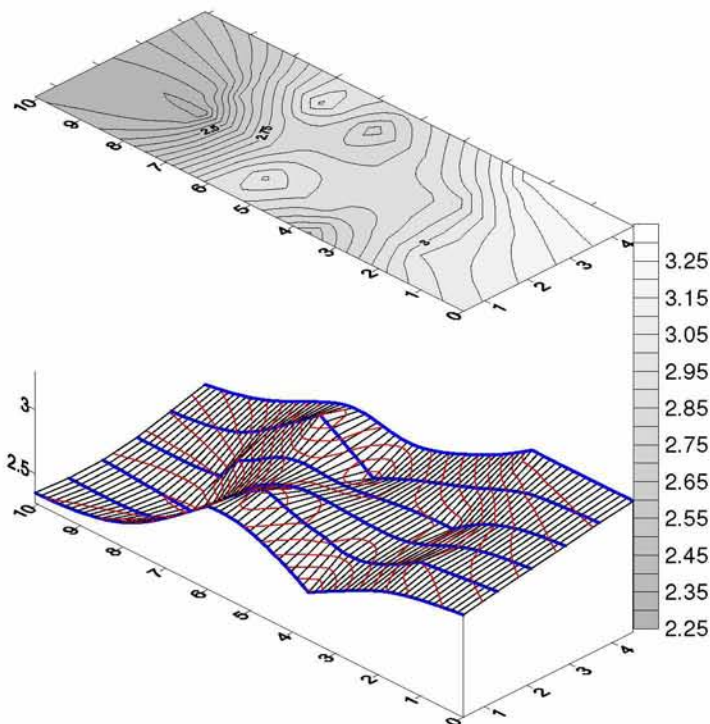
Υ12 – Επανάληψη Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm

Ε3 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 100%ETm



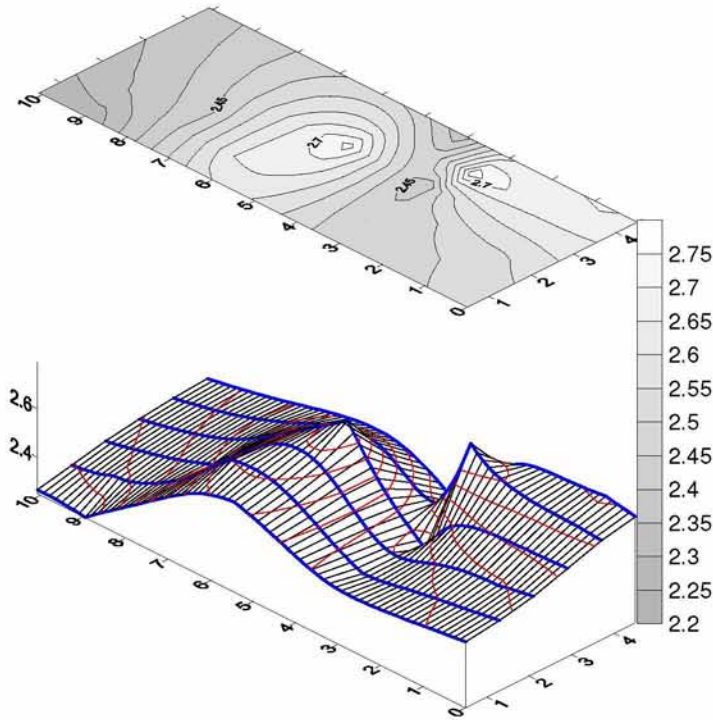
Ε2 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm

Μ4 – Επανάληψη Μάρτυρα – χωρίς άρδευση

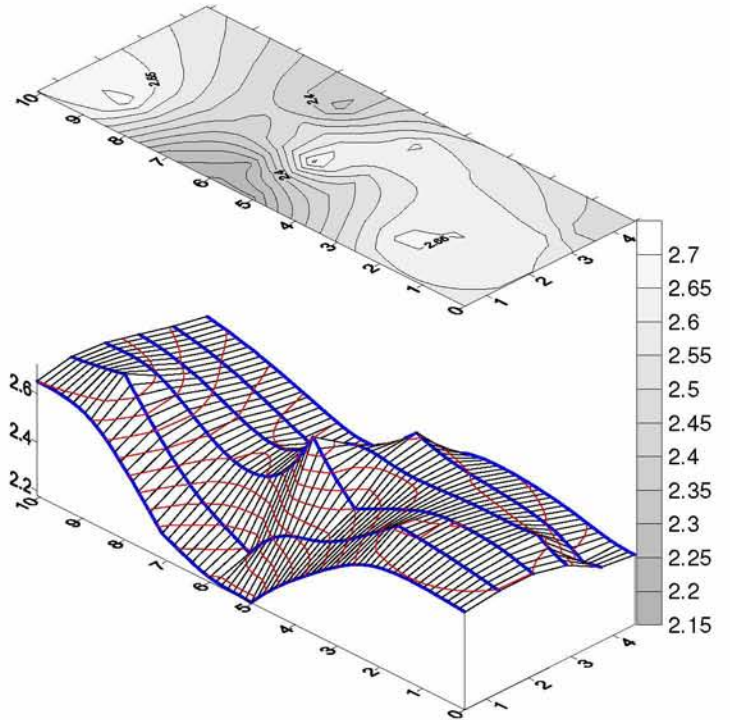


ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ 27/9/2007 – ΔΕΙΓΜΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ

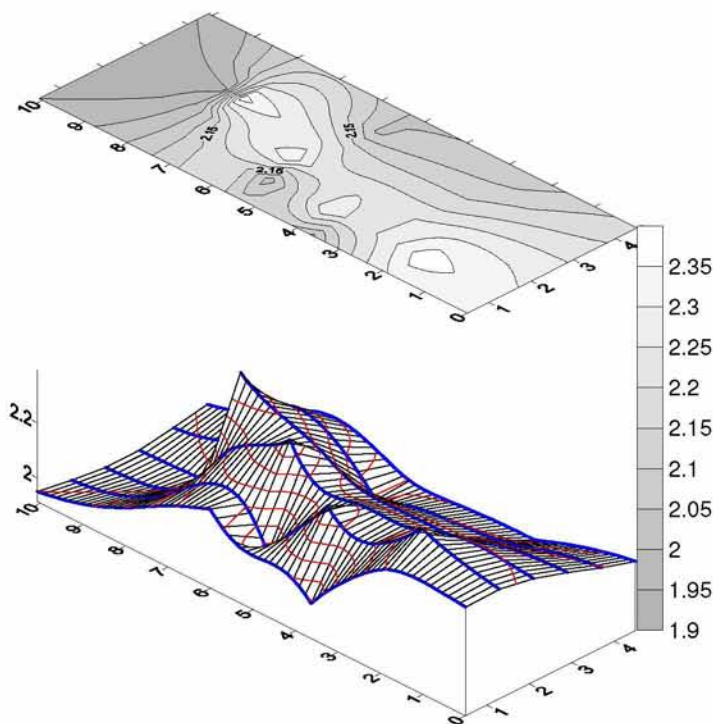
Υ12 – Επανάληψη Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm



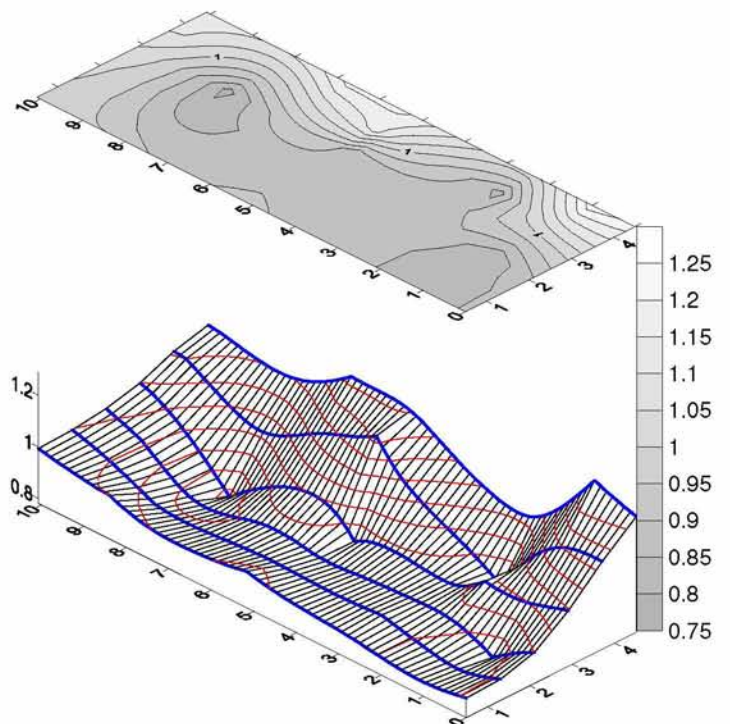
Ε3 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 100%ETm



Ε2 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm



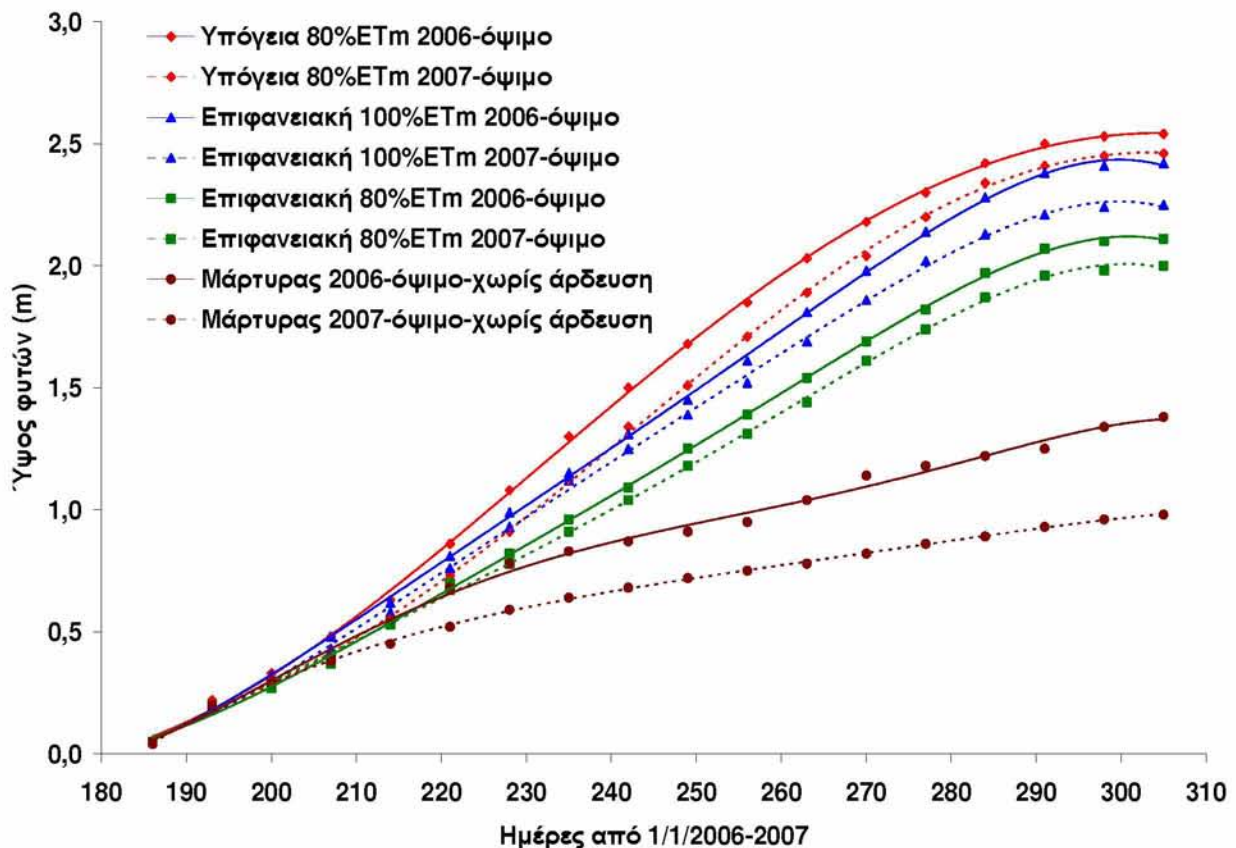
Μ4 – Επανάληψη Μάρτυρα – χωρίς άρδευση



7.10 Ύψος φυτών – όψιμη σπορά

7.10.1 Γενικά

Η εξέλιξη των υψών των φυτών, της όψιμης σποράς, όλων των μεταχειρίσεων που έτυχαν διαφορετικής μεθοδολογίας άρδευσης καθώς επίσης και του μάρτυρα για το σύνολο των ετών διεξαγωγής του πειράματος, απεικονίζεται στο διάγραμμα 7.4.5.



Διάγραμμα 7.4.5: Εξέλιξη των υψών της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων και των ετών διεξαγωγής του πειράματος στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο (όψιμη σπορά).

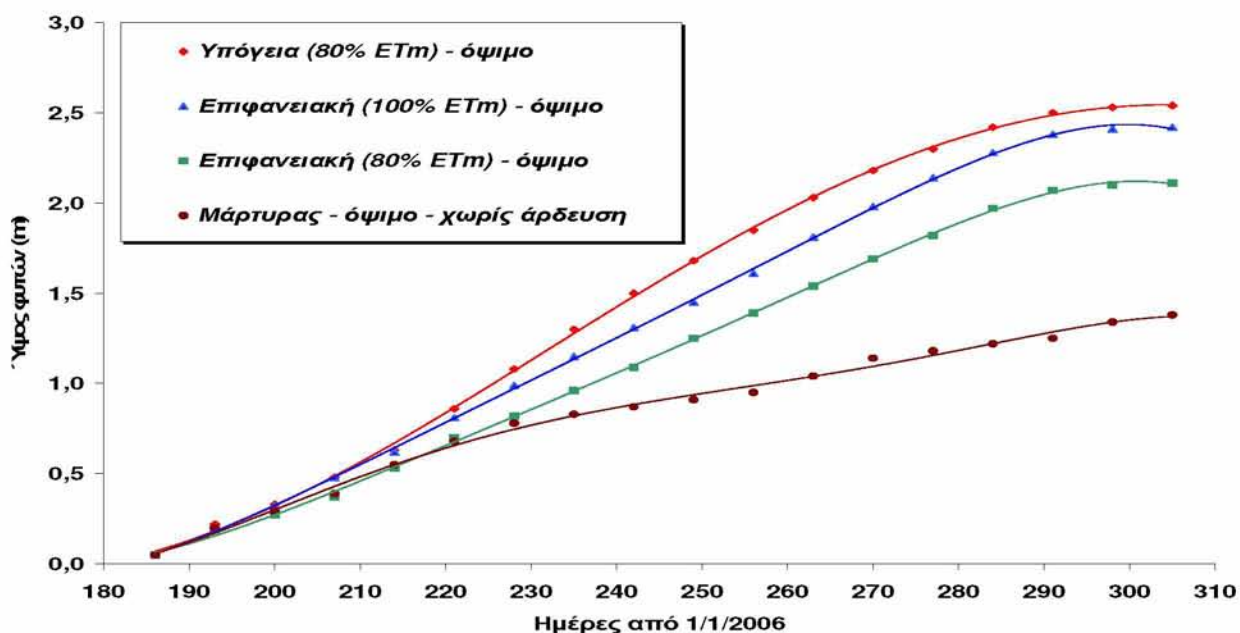
7.10.2 Ύψος φυτών όψιμης σποράς έτους 2006

7.10.2.1 Γενικά

Στον πίνακα 7.2.4 παρουσιάζονται οι μεταβολές ως περιοδικό (ημερήσιο) ρυθμικό αύξησης των υψών των φυτών στο σύνολο των μεταχειρίσεων για την όψιμη σπορά του έτους 2006.

Πίνακας 7.2.4: Ρυθμοί μεταβολής ύψους φυτών έτους 2006						
Περίοδοι μέτρησης	5/7-19/7	20/7-9/8	10/8-30/8	31/8-20/9	21/9-11/10	12/10-1/11
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Μεταβολή υψών (cm d ⁻¹)					
Υπόγεια στάγδην 80% ETm	1,4-2,8	1,8-3,8	2,4-4,3	1,5-3,8	0,8-2,8	0,1-1,6
Επιφανειακή στάγδην 100% ETm	1,5-2,3	1,7-3,0	1,9-3,1	1,4-3,6	1,3-3,7	0,1-2,1
Επιφανειακή στάγδην 80% ETm	0,9-2,4	1,4-3,2	1,3-2,5	1,7-2,8	1,5-2,8	0,1-2,6
Μάρτυρας – χωρίς άρδευση	1,0-2,3	1,2-2,8	0,5-1,7	0,4-1,6	0,4-1,5	0,4-1,4

Επίσης, στο διάγραμμα 7.4.6 αποτυπώνεται η εξέλιξη των υψών των φυτών για το σύνολο των μεταχειρίσεων για το έτος 2006.



Διάγραμμα 7.4.6: Εξέλιξη των υψών της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων κατά το έτος 2006 (όψιμη σπορά).

Το καλλιεργητικό έτος του 2006, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ήταν σχετικά ήπιο από πλευράς θερμοκρασιών και βροχοπτώσεων, παράγοντες, που σε συνδυασμό με την επάρκεια σε εδαφικό νερό, επέδρασαν ευεργετικά στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα των φυτών του γλυκού σόργου.

Ειδικότερα, στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις, με προεξέχουσα την υπόγεια στάγδην άρδευση, οι ρυθμοί ανάπτυξης ήταν αρκετά ικανοποιητικοί, σε σύγκριση με τους αντίστοιχους της πρώιμης σποράς. Συγκεκριμένα τη περίοδο από τα τέλη Ιουλίου έως και τις αρχές του Σεπτεμβρίου οι μέγιστοι ρυθμοί ανάπτυξης που παρατηρήθηκαν ήταν της τάξης των $4,3 \text{ cm d}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, $3,7 \text{ cm d}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό και $3,2 \text{ cm d}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό. Τα φυτά, στις υπόγειες στάγδην και στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό επαναλήψεις, ξεπέρασαν το ύψος του 1 m στις αρχές του δευτέρου δεκαπενθημέρου του Αυγούστου και στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό μία εβδομάδα αργότερα.

Αντίστοιχα τα 2 m ξεπεράστηκαν στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις στις αρχές του τελευταίου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου, ενώ στις επιφανειακές στο 100% των απαιτήσεων σε νερό μία εβδομάδα αργότερα και στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό στις αρχές του δευτέρου δεκαημέρου του Οκτωβρίου. Καμία από τις αρδευόμενες μεταχειρίσεις δεν ξεπέρασε τα 3 m, με τις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης να είναι οι μόνες που επέτυχαν να ανέλθουν στο ύψος των 2,5 m. Όσον αφορά τον μάρτυρα οι επιδόσεις του αποδείχθηκαν πέραν του δέοντος ικανοποιητικές, βοηθούμενες και από τις ευεργετικές βροχοπτώσεις, ξεπερνώντας το 1 m ύψος στα τέλη του Σεπτεμβρίου, και επιτυγχάνοντας καθ' όλη τη καλλιεργητική περίοδο υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης της τάξης των $1,5 \text{ cm d}^{-1}$.

Από τη στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το πακέτο SPSS, ήταν εμφανής η στατιστικώς σημαντική διαφορά υπέρ της υπόγειας στάγδην άρδευσης, σε επίπεδο σημαντικότητας 95% επί του συνόλου των τιμών μέτρησης, έναντι της επιφανειακής στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα. Η διαφοροποίηση αυτή μεταξύ της υπόγειας στάγδην και της επιφανειακής στο 100% των απαιτήσεων σε νερό ήταν εμφανής και σταθερή μετά το πέρας του πρώτου δεκαημέρου του Αυγούστου.

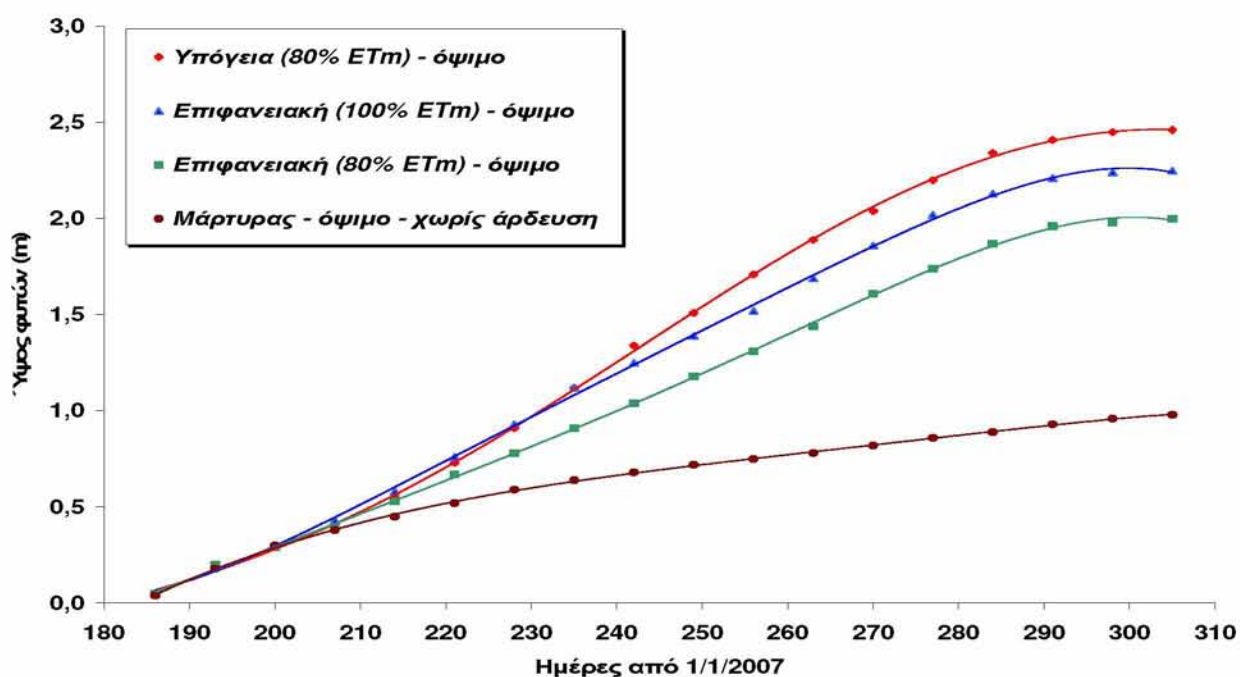
7.10.3 Ύψος φυτών όψιμης σποράς έτους 2007

7.10.3.1 Γενικά

Στον πίνακα 7.2.5 παρουσιάζονται οι μεταβολές ως περιοδικοί (ημερήσιοι) ρυθμοί αύξησης των υψών των φυτών στο σύνολο των μεταχειρίσεων για την όψιμη σπορά του έτους 2007.

Επίσης, στο διάγραμμα 7.4.7 αποτυπώνεται η εξέλιξη των υψών των φυτών για το σύνολο των μεταχειρίσεων για το έτος 2007.

Πίνακας 7.2.5: Ρυθμοί μεταβολής ύψους φυτών έτους 2007						
Περίοδοι μέτρησης	5/7-19/7	20/7-9/8	10/8-30/8	31/8-20/9	21/9-11/10	12/10-1/11
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Μεταβολή υψών (cm d ⁻¹)					
Υπόγεια στάγδην 80% ETm	1,2-2,5	2,1-6,5	2,2-3,4	2,1-3,4	1,6-2,5	0,1-1,2
Επιφανειακή στάγδην 100% ETm	1,2-2,2	2,0-6,6	1,9-2,9	1,9-2,7	1,3-3,0	0,2-1,5
Επιφανειακή στάγδην 80% ETm	1,1-2,3	1,6-5,7	1,3-2,5	1,6-2,2	1,6-2,8	0,2-1,5
Μάρτυρας – χωρίς άρδευση	1,5-2,1	0,6-5,8	0,4-1,1	0,4-0,6	0,4-0,7	0,3-0,6



Διάγραμμα 7.4.7: Εξέλιξη των υψών της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων κατά το έτος 2007 (όψιμη σπορά).

Οι ρυθμοί ανάπτυξης των φυτών του γλυκού σόργου για το έτος 2007, παρότι αυτό αποδείχθηκε ξηροθερμικό, δεν ήταν σε καμία περίπτωση απογοητευτικοί, σε σχέση και με την αντίστοιχη πρόιμη σπορά. Σε αυτό συνέβαλαν τόσο η ικανοποίηση των αναγκών της καλλιέργειας σε αρδευτικό νερό όσο και η επάρκεια σε στοιχεία και ιχνοστοιχεία στο έδαφος, λόγω της μικρής καλλιεργητικής διάρκειας και των σχετικά μειωμένων αποδόσεων του προηγούμενου έτους. Οι μέγιστοι ρυθμοί ανάπτυξης ήταν

σαφώς κατώτεροι του 2006, με εξαίρεση το διάστημα από τα τέλη Ιουλίου έως και τις αρχές Αυγούστου (βροχόπτωση), και κυμάνθηκαν στα επίπεδα των 2,2 – 3,4 cm d⁻¹, για το σύνολο των αρδευομένων μεταχειρίσεων. Η στατιστική ανάλυση ανέδειξε μία σαφή ανωτερότητα υπέρ της υπόγειας στάγδην άρδευσης η οποία ήταν διακριτή σε σχέση με την επιφανειακή στο 100% των απαιτήσεων σε νερό από τα μέσα Αυγούστου έως και τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου.

7.11 Συζήτηση – ύψος φυτών

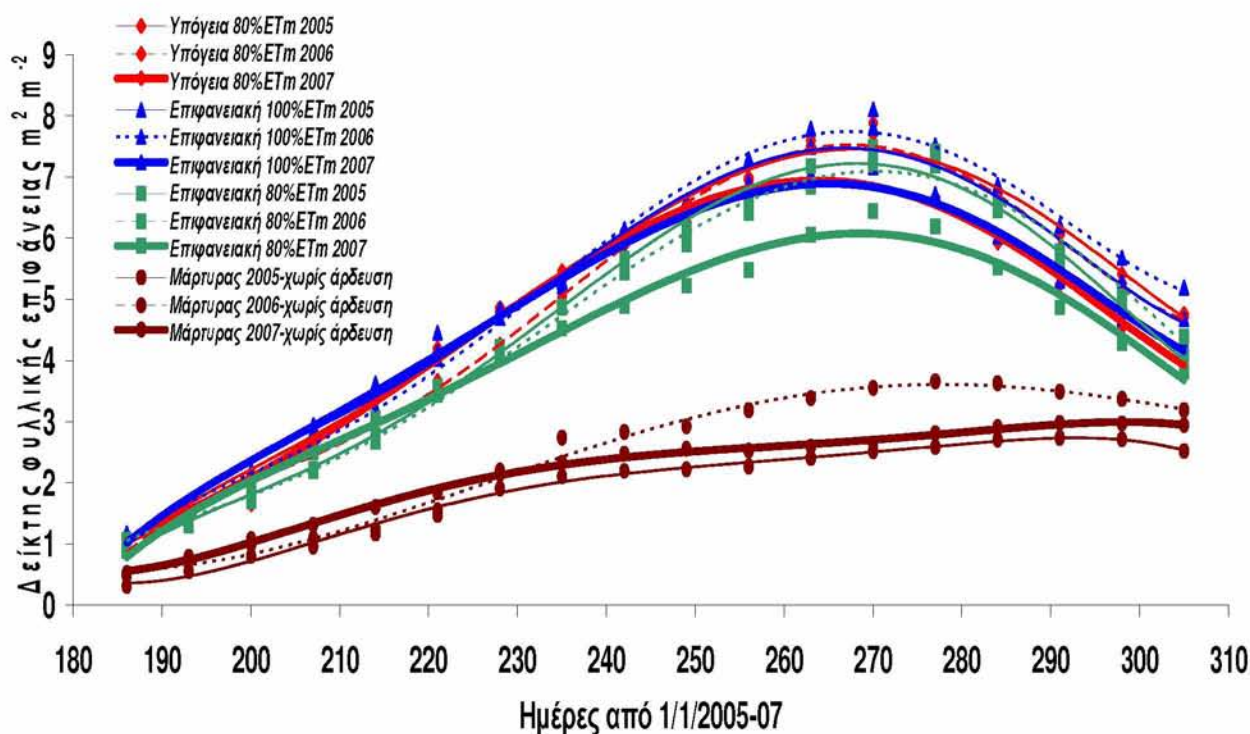
Ανακεφαλαιώνοντας, τα χρήσιμα συμπεράσματα που παρήχθησαν από την ολοκλήρωση του πειράματος σχετικά με τους αναπτυξιακούς δείκτες, ως αποτέλεσμα της μελέτης εξέλιξης των υψών, της καλλιέργειας του γλυκού σόργου υπό το καθεστώς διαφορετικών μεθόδων άρδευσης, επιγραμματικά είναι:

- ✓ Επιτευχθήκαν υψηλότεροι ρυθμοί ανάπτυξης, με εξαίρεση τη πρόιμη σπορά του έτους 2006, στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις εξαιτίας της άμεσης πρόσβασης του αρδευτικού νερό στο ενεργό κομμάτι του ριζοστρώματος των φυτών.
- ✓ Για αναλογικά ισόποσες χορηγούμενες δόσεις άρδευσης η υπόγεια υπερτερεί της επιφανειακής στάγδην άρδευσης σε αναπτυξιακούς ρυθμούς.
- ✓ Σε ήπιες κλιματικά περιόδους δεν παρουσιάζονται σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων της υπόγειας στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και της επιφανειακής στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, εξαιτίας των μειωμένων απωλειών λόγω επιφανειακής εξάτμισης.
- ✓ Απαραίτητη θεωρείται η χορήγηση λιπαντικής αγωγής μετά το πέρας δύο συναπτών ετών καλλιέργειας του αγρού με γλυκό σόργο, ειδικότερα σε εδάφη χαμηλής έως και μέτριας γονιμότητας.
- ✓ Οι όνιμες σπορές (αρχές Ιουνίου) σε ελεγχόμενες καλλιέργειες γλυκού σόργου (άρδευση – λίπανση), πρέπει να θεωρείτε ύστατη επιλογή για τη χρήση γης στα κλιματικά περιβάλλοντα του Μεσογειακού θέρους της κεντρικής Ελλάδας.
- ✓ Η αποτύπωση της εξελικτικής πορείας των πειραματικών με τη μέθοδο της γεωστατιστικής, με μοναδικό εξωγενή παράγοντα επίδρασης το αρδευτικό νερό, δεν ανέδειξε σημαντικές διαφορές μεταξύ των ρυθμών ανάπτυξης στο σύνολο των μεταχειρίσεων, εξαιτίας και της διαφορετικότητας των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του εδάφους.
- ✓ Η τοποθέτηση των φυτών σε νοτιοανατολικό προσανατολισμό, παράλληλα με τη χορήγηση των απαραίτητων ποσοτήτων σε αρδευτικό νερό, επιτάχυνε τους ρυθμούς και την ομοιομορφία ανάπτυξης των φυτών του γλυκού σόργου.

7.12 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας – πρώιμη σπορά

7.12.1 Γενικά

Η εξέλιξη του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών, της πρώιμης σποράς, όλων των μεταχειρίσεων που έτυχαν διαφορετικής μεθοδολογίας άρδευσης καθώς επίσης και του μάρτυρα για το σύνολο των ετών διεξαγωγής του πειράματος, απεικονίζεται στο διάγραμμα 7.5.1.



Διάγραμμα 7.5.1: Εξέλιξη του δείκτη φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων και των ετών διεξαγωγής του πειράματος στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο (πρώιμη σπορά).

7.12.2 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας φυτών πρώιμης σποράς έτους 2005

7.12.2.1 Γενικά

Στον πίνακα 7.3.1 παρουσιάζονται οι μεταβολές ως περιοδικοί (ημερήσιοι) ρυθμοί αύξησης του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών στο σύνολο των μεταχειρίσεων για τη πρώιμη σπορά του έτους 2005. Επίσης, στο διάγραμμα 7.5.2 αποτυπώνεται η εξέλιξη του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών για το σύνολο των μεταχειρίσεων για το έτος 2005.

Είναι γενικώς παραδεκτό ότι, η αναπτυξιακή δραστηριότητα της καλλιέργειας του γλυκού σόργου, επιταχύνεται ουσιαστικά όταν ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας υπερβεί την οριακή τιμή τρία (3,0) (Κ.Α.Π.Ε., δημοσίευτα στοιχεία – προσωπική επαφή), ενώ δεν επηρεάζεται σημαντικά όταν η τιμή του L.A.I. είναι σαφώς μικρότερη της επιθυμητής τιμής τεσσεράμισι (4,5) και αντίστοιχα μεγαλύτερη από τη βέλτιστη τιμή έξι (6,0). Η βέλτιστη τιμή έξι (6,0) για το δείκτη φυλλικής επιφάνειας (L.A.I.) έχει να κάνει με την αναγκαία και ικανή συνθήκη φυτοκάλυψης της επιφάνειας του εδάφους, από το σύνολο των φύλλων της καλλιέργειας που υποστηρίζει, σε ποσοστό έως και 99%, με αποτέλεσμα να ενεργοποιείται πλήρως η φωτοσυνθετική δραστηριότητα. Βέβαια τιμές του δείκτη φυλλικής επιφάνειας από 4 έως και 5, για τη καλλιέργεια του γλυκού σόργου, υποδηλώνουν (Κ.Α.Π.Ε., δημοσίευτα στοιχεία – προσωπική επαφή) ικανοποιητική φυτοκάλυψη – σκίαση του εδάφους σε ποσοστά που κυμαίνονται από 90 – 95% της επιφάνειας του καλλιεργούμενου εδάφους.

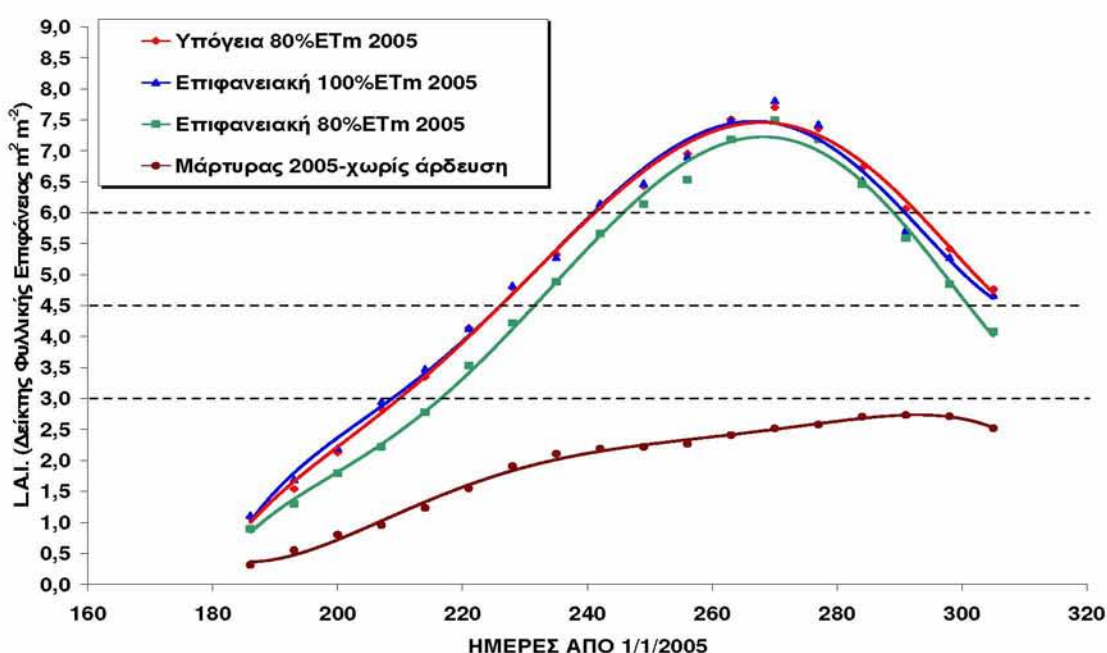
Πίνακας 7.3.1: Ρυθμοί μεταβολής δείκτη φυλλικής επιφάνειας φυτών έτους 2005

Περίοδοι μέτρησης	5/7–19/7	20/7–9/8	10/8–30/8	31/8–20/9	21/9–11/10	12/10–1/11
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Μεταβολή υψών (cm ² φυλλικής κάλυψης cm ⁻² επιφάνειας εδάφους d ⁻¹)					
Υπόγεια στάγδην 80% ETm	5,7-9,2	6,2-11,7	7,0-11,5	4,5-8,5	(-0,5)-4,6	(-9,7)-(-8,9)
Επιφανειακή στάγδην 100% ETm	6,3-9,9	7,2-11,5	6,0-14,2	4,1-9,0	(-13,8)-5,1	(-11,8)-(-5,6)
Επιφανειακή στάγδην 80% ETm	5,0-7,3	5,6-11,7	8,7-11,6	5,5-9,7	(-11,2)-4,6	(-13,3)-(-9,8)
Μάρτυρας – χωρίς άρδευση	3,0-3,9	2,1-4,9	0,8-5,6	(-1,2)-2,3	0,7-2,1	(-4,1)-0,7

Επομένως και λόγω των εξαιρετικά υψηλών απαιτήσεων του πειράματος, στοχεύοντας σε όσο το δυνατόν αξιόπιστες συγκρίσεις των δεικτών ανάπτυξης, ορίστηκαν, α) τιμές του δείκτη φυλλικής επιφάνειας μεγαλύτερες από 3,0, ως τιμές έναρξης της φωτοσυνθετικής – αναπτυξιακής δραστηριότητας, β) τιμές του δείκτη μεγαλύτερες από 4,5, ως ικανοποιητικές τιμές αναπτυξιακής διαδικασίας, και γ) τιμές “κατώφλι” μεγαλύτερες από 6,0 του δείκτη της φυλλικής επιφάνειας, ως άριστες τιμές αναπτυξιακής – φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, στο σύνολο των μεταχειρίσεων.

Όπως λοιπόν αποτυπώνεται στο διάγραμμα 7.5.2, την οριακή τιμή έναρξης 3,0 ξεπέρασαν στο σύνολο τους όλες οι μεταχειρίσεις με εξαίρεση το μάρτυρα. Η συνολική διάρκεια σε ημέρες καλλιεργητικής περιόδου, που οι τιμές του L.A.I.

διατηρήθηκαν σε υψηλότερες τιμές από τη τιμή 3,0, ήταν 113 ημέρες για τις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης, 116 για τις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό και 97 ημέρες για τις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό. Οι μικρές αυτές διαφορές αποδείχθηκαν ουσιαστικές για την πρώιμη ανάπτυξη των φυτών που αρδεύτηκαν με σταγόνα επιφανειακά στο 100% των απαιτήσεων, λόγω και της ευκολίας πρόσβασης του αρδευτικού νερού στο ενεργό κομμάτι του ριζοστρώματος των φυτών, σε αυτή τουλάχιστον τη φάση της αναπτυξιακής διαδικασίας (βάθος ενεργού ριζοστρώματος).



Διάγραμμα 7.5.2: Εξέλιξη του δείκτη φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων κατά το έτος 2005 (πρώιμη σπορά).

Αντίστοιχα, η χρονική διάρκεια διατήρησης των τιμών πέραν της τιμής 4,5 του L.A.I., ήταν για τις αρδευόμενες μεταχειρίσεις, 82, 82 και 70 ημέρες, αντίστοιχα. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να επιτύχουν υψηλότερες αποδόσεις (βλ. και κεφάλαια χλωρή και ξηρή βιομάζα) οι μεταχειρίσεις της υπόγειας και της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων έναντι της επιφανειακής στο 80% των απαιτήσεων σε νερό.

Όσον αφορά τη τιμή 6,0 του δείκτη φυλλικής επιφάνειας, οι ημέρες που συνολικά οι αρδευόμενες μεταχειρίσεις ξεπέρασαν τη τιμή αυτή, για το καλλιεργητικό έτος του 2005, ήταν 49, 47 και 40 ημέρες, αντίστοιχα.

Στα τέλη του πρώτου δεκαπενθημέρου του Σεπτεμβρίου επιτεύχθηκαν και οι μέγιστες τιμές του L.A.I. για το σύνολο των μεταχειρίσεων. Έτσι η μέγιστη τιμή

L.A.I. που παρατηρήθηκε στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν υπόγεια και στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό ήταν 9,20, και αντίστοιχα στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό 8,60.

Η μέγιστη τιμή στις επαναλήψεις του μάρτυρα (χωρίς άρδευση) παρατηρήθηκε στις αρχές Οκτωβρίου και ήταν ίση με 4,00. Ανάλογες υψηλές τιμές του δείκτη φυλλικής επιφάνειας έχουν παρατηρηθεί και στο παρελθόν σε αντίστοιχες μελέτες (Roman et al., 1998b ; Dercas και Liakatas, 1999).

Από τα τέλη Σεπτεμβρίου έως και τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου παρατηρήθηκε μείωση των τιμών του L.A.I. για το σύνολο των μεταχειρίσεων. Η υποβάθμιση αυτή των τιμών έγινε εντονότερη στα τέλη Οκτωβρίου με αρχές Νοεμβρίου και προέκυψαν λόγω της σταδιακής μάρανσης των φύλλων και του γηρασμού της καλλιέργειας.

Όσον αφορά το χρόνο συγκομιδής (βλ. κεφάλαιο χρόνος συγκομιδής) η πτώση αυτή των τιμών του L.A.I. είχε απόλυτη σχέση με τη τελική απόδοση της καλλιέργειας, καθώς όπως είναι φυσικό αυτή συντάσσεται χρονικά με τους αρνητικούς ρυθμούς παραγωγικότητας της συγκεκριμένης περιόδου.

Οι διαφορές αυτές δεν θα είχαν πιθανόν καμία σημασία εάν παράλληλα δεν λαμβάνονταν υπόψη και οι διακυμάνσεις των αναπτυξιακών ρυθμών που εμφανίζονται στον πίνακα 7.3.1. Έτσι, και ενώ οι ρυθμοί ανάπτυξης από αρχές Ιουλίου έως και τις αρχές του τελευταίου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου, παρουσίασαν μία σχετική ισορροπία μεταξύ των αρδευομένων μεταχειρίσεων (με την επιφανειακή στο 80% των απαιτήσεων να υπολείπεται σημαντικά των υπολοίπων), αντίθετα από τα τέλη Σεπτεμβρίου έως και τις αρχές Οκτωβρίου προέκυψαν στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις μεγάλοι αρνητικοί ρυθμοί ανάπτυξης, ενώ αντίθετα οι αρνητικοί ρυθμοί στις υπόγειες στάγδην ήταν υποτυπώδεις. Η καθυστέρηση αυτή αποδεικνύει την σαφή ιδιαιτερότητα της υπόγεια στάγδην άρδευσης στην επίτευξη υψηλότερων αναπτυξιακών ρυθμών έναντι των υπολοίπων μεθόδων, γεγονός το οποίο ήταν απόρροια της άμεσης διοχέτευσης του αρδευτικού νερού στο τμήμα του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών, τόσο ποσοτικά (ελαχιστοποίηση εξάτμισης) όσο και χρονικά (άμεσα).

Γνωρίζοντας ότι η αρδευτική περίοδος μόλις είχε ολοκληρωθεί (αρχές τελευταίου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου), το γεγονός της αντοχής στη γήρανση των φύλλων στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, σε συνδυασμό και με τις ικανοποιητικές τιμές βροχόπτωσης της περιόδου, λειτούργησαν ευεργετικά στην επίτευξη υψηλότερων τελικών αποδόσεων σε χλωρή και ξηρή βιομάζα στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις. Η τελευταία αυτή διαπίστωση, σε συνδυασμό και με τους θετικούς ρυθμούς ανάπτυξης που έλαβαν χώρα καθ' όλη τη διάρκεια του 2005 στις επαναλήψεις του μάρτυρα, αποδεικνύει, την εξαιρετική αντοχή και το αστείρευτο ενεργειακό υπόβαθρο του γλυκού σόργου, για χρήση του ως ενεργειακής καλλιέργειας στα πλαίσια της αειφορικής γεωργίας των χαμηλών εισροών.

Εκτιμώντας τους ρυθμούς της αναπτυξιακής διαδικασίας, όπως αυτή αποτυπώθηκε με τη μέθοδο της γεωστατιστικής τόσο στο επίπεδο όσο και στο χώρο (βλ. παράρτημα – αποτύπωση δείκτη φυλλικής επιφάνειας με τη μέθοδο της γεωστατιστικής έτους 2005), παρατηρήθηκε, σε αντίθεση με τις μετρήσεις των υψών, αύξηση των τιμών του δείκτη στις κεντρικές σειρές της καλλιέργειας και ειδικότερα προς το κέντρο των πειραματικών και με ανατολική κατεύθυνση. Παρότι τηρήθηκε απόλυτη συμβατότητα στις μετρήσεις του ύψους με τις αντίστοιχες του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (ίδιο δείγμα φυτών), οι διαφορές που προέκυψαν οφείλονται στην αναγκαστική εξάρτηση του δείκτη (L.A.I.) τόσο από τη φυτοκάλυψη των συγκεκριμένων φυτών του δείγματος όσο και από τη σκίαση των φυτών των παράπλευρων σειρών. Επομένως, αν και τα αποτελέσματα εμπεριέχουν μία τάση προσομοίωσης με τη πραγματικότητα, δεν μπορούν να θεωρηθούν απολύτως αντιπροσωπευτικά. Η πραγματικότητα όσον αφορά την εξέλιξη των αναπτυξιακών ρυθμών και της αποτύπωσής τους στο επίπεδο και στο χώρο, είναι αλήθεια, βρίσκεται κάπου ανάμεσα. Από τη ταυτοποίηση των αποτελεσμάτων γεωστατιστικής του ύψους και του δείκτη φυλλικής επιφάνειας διακρίνουμε ότι τους μεγαλύτερους ρυθμούς ανάπτυξης παρουσίασαν τα φυτά των αρδευόμενων μεταχειρίσεων των κεντρικών σειρών με ανατολική – νοτιοανατολική θέση στο επίπεδο των πειραματικών.

Η στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα SPSS δεν ανέδειξε σαφή ανωτερότητα μεταξύ της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό και της υπόγειας στάγδην άρδευσης, σε επίπεδο σημαντικότητας 95% επί του συνόλου των μετρήσεων (t-test). Αντίθετα, σαφή υπεροχή των μεταχειρίσεων της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό και της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα, παρατηρήθηκε καθ' όλη τη καλλιεργητική περίοδο του 2005, με εξαίρεση τη περίοδο από το τελευταίο δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου έως και τα τέλη Οκτωβρίου, όταν έκαναν την εμφάνισή τους και οι πρώτοι αρνητικοί ρυθμοί και αφού πλέον είχε ολοκληρωθεί η αναπτυξιακή διαδικασία.

7.12.3 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας φυτών πρώιμης σποράς έτους 2006

7.12.3.1 Γενικά

Στον πίνακα 7.3.2 παρουσιάζονται οι μεταβολές ως περιοδικοί (ημερήσιοι) ρυθμοί αύξησης του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών στο σύνολο των μεταχειρίσεων για τη πρώιμη σπορά του έτους 2006. Επίσης, στο διάγραμμα 7.5.3 αποτυπώνεται η εξέλιξη του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών για το σύνολο των μεταχειρίσεων για το έτος 2006.

Όπως λοιπόν παρουσιάζεται στο διάγραμμα 7.5.3 την οριακή τιμή έναρξης της αναπτυξιακής διαδικασίας (L.A.I. = 3,0) ξεπέρασαν στο σύνολο τους όλες οι

μεταχειρίσεις κατά τη διάρκεια του καλλιεργητικού έτους 2006. Η συνολική διάρκεια, διατήρησης σε υψηλότερες από την οριακή τιμή του δείκτη φυλλικής επιφάνειας, ήταν στις επιφανειακές επαναλήψεις στο 100% των απαιτήσεων σε νερό 126 ημέρες, στις υπόγειες στάγδην 113 ημέρες, στις επαναλήψεις της επιφανειακής στο 80% των απαιτήσεων σε νερό 101 ημέρες, και στις επαναλήψεις του μάρτυρα (χωρίς άρδευση) 61 ημέρες. Το γεγονός αυτό επέτρεψε στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις στο 100% των απαιτήσεων σε νερό να επιτύχουν υψηλότερες αποδόσεις σε χλωρή και ξηρή βιομάζα σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Αντίστοιχα ήταν και τα αποτελέσματα παραγωγικότητας των μεταχειρίσεων του μάρτυρα σε σχέση με το έτος που προηγήθηκε και με το αντίστοιχο που ακολούθησε.

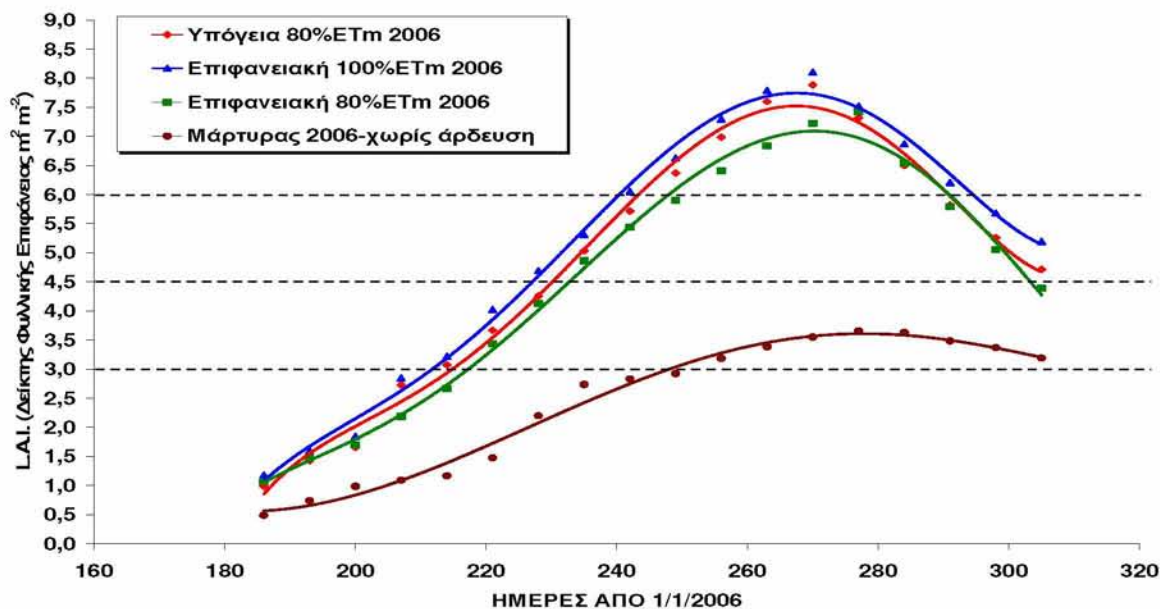
Πίνακας 7.3.2: Ρυθμοί μεταβολής δείκτη φυλλικής επιφάνειας φυτών έτους 2006

Περίοδοι μέτρησης	5/7–19/7	20/7–9/8	10/8–30/8	31/8–20/9	21/9–11/10	12/10–1/11
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Μεταβολή υψών (cm ² φυλλικής κάλυψης cm ⁻² επιφάνειας εδάφους d ⁻¹)					
Υπόγεια στάγδην 80% ETm	2,9-7,4	3,9-17,9	7,4-14,4	7,3-10,8	(-15,2)-4,9	(-11,4)-(-6,2)
Επιφανειακή στάγδην 100% ETm	2,6-6,7	4,8-18,6	7,9-12,9	6,1-11,4	(-9,5)-4,7	(-10,3)-(-6,7)
Επιφανειακή στάγδην 80% ETm	1,9-8,3	6,2-12,6	7,3-13,1	5,7-8,6	(-13,8)-6,9	(-14,0)-(-6,8)
Μάρτυρας – χωρίς άρδευση	2,5-4,4	0,8-5,2	1,0-12,9	1,1-5,0	(-1,5)-3,2	(-3,3) – 0,0

Πιο αντιπροσωπευτική γίνεται η διαφοροποίηση υπέρ της επιφανειακής στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, όταν συγκρίνονται οι ημέρες διατήρησης του δείκτη, σε επίπεδα υψηλότερα από τη τιμή 4,5. Έτσι στις επιφανειακές στάγδην στο 100%, η χρονική διάρκεια ήταν συνολικά 88 ημέρες, στις υπόγειες στάγδην 76 ημέρες και στις επιφανειακές στο 80% αντίστοιχα 71 ημέρες, ενώ στις επαναλήψεις του μάρτυρα η συγκεκριμένη τιμή μετρήθηκε μόνο ως ανώτερη τιμή στις αρχές με μέσα Οκτωβρίου.

Όσον αφορά τη τιμή 6,0 του δείκτη φυλλικής επιφάνειας, οι ημέρες που συνολικά οι αρδευόμενες μεταχειρίσεις ξεπέρασαν τη τιμή αυτή, για το καλλιεργητικό έτος του 2006, ήταν 51, 43 και 38 ημέρες, αντίστοιχα. Στις αρχές του τελευταίου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου επιτεύχθηκαν και οι μέγιστες τιμές του L.A.I. για τις μεταχειρίσεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό και της υπόγειας στάγδην. Έτσι η μέγιστη τιμή L.A.I. που παρατηρήθηκε στις επαναλήψεις τις επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό ήταν 9,20 και αντίστοιχα στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην 8,70. Οι μέγιστες τιμές στις επαναλήψεις της επιφανειακής στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα

μετρήθηκαν στις αρχές του πρώτου δεκαημέρου του Οκτωβρίου και ήταν 8,0 και 4,5 αντίστοιχα.



Διάγραμμα 7.5.3: Εξέλιξη του δείκτη φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων κατά το έτος 2006 (πρώιμη σπορά).

Συμπερασματικά οι ευεργετικές βροχοπτώσεις των μηνών Ιουνίου και Σεπτεμβρίου συνεπικουρούμενες και από τις ήπιες θερμοκρασίες του καλλιεργητικού έτους 2006, σε συνδυασμό και με την επάρκεια σε εδαφικό νερό κατά τους κρίσιμους μήνες, επέδρασαν θετικά στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα των φυτών του γλυκού σόργου. Ειδικότερα, η μειωμένη επιφανειακή εξάτμιση και η μεγάλη συχνότητα των αρδεύσεων σε μικρότερες δόσεις (ποσότητες), επέτρεψαν, στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, να επιτύχουν υψηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης με τις αντίστοιχες της υπόγεια στάγδην άρδευσης. Η μειωμένη επιφανειακή εξάτμιση και οι σημαντικές βροχοπτώσεις του Σεπτεμβρίου – Οκτωβρίου ωφέλησαν τόσο τις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 80% των απαιτήσεων όσο κυρίως τις επαναλήψεις του μάρτυρα να επιτύχουν ικανοποιητικές αποδόσεις. Παρόλα αυτά οι αρνητικοί ρυθμοί ανάπτυξης έκαναν την εμφάνιση τους από τις αρχές του τελευταίου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου στο σύνολο των μεταχειρίσεων, λαμβάνοντας σε κάθε περίπτωση, όπως φαίνεται και στον πίνακα 7.3.2, διαφορετικό εύρος διακυμάνσεων.

Εκτιμώντας τους ρυθμούς της αναπτυξιακής διαδικασίας, όπως αυτή αποτυπώθηκε με τη μέθοδο της γεωστατιστικής τόσο στο επίπεδο όσο και στο χώρο (βλ. παράρτημα – αποτύπωση δείκτη φυλλικής επιφάνειας με τη μέθοδο της γεωστατιστικής έτους 2006), παρατηρήθηκε σχετική υπεροχή των τιμών του δείκτη

φυλλικής επιφάνειας των κεντρικών σειρών των πειραματικών στο σύνολο τους με ελάχιστες εξαιρέσεις. Παράλληλα η νοτιοανατολική και κεντροανατολική τοποθέτηση των φυτών στο επίπεδο των πειραματικών, και το έτος 2006, έτυχε υψηλότερων αναπτυξιακών τιμών για το σύνολο των μεταχειρίσεων.

Η στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα SPSS ανέδειξε σαφή ανωτερότητα υπέρ της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό σε σχέση με την υπόγεια στάγδην άρδευση, σε επίπεδο σημαντικότητας 95% επί του συνόλου των μετρήσεων (t-test), με εξαίρεση τη περίοδο από τις αρχές έως και τα τέλη Ιουλίου. Αντίθετα, σαφή υπεροχή των μεταχειρίσεων της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό και της υπόγεια στάγδην άρδευσης έναντι της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα, παρατηρήθηκε καθ' όλη τη καλλιεργητική περίοδο του 2006. Μεταξύ της υπόγεια στάγδην και της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά, σε επίπεδο σημαντικότητας 95%, υπέρ της υπόγεια, από το πρώτο δεκαήμερο του Αυγούστου έως και τις αρχές του τρίτου δεκαήμερου του Αυγούστου, από τα τέλη Αυγούστου έως τις αρχές Οκτωβρίου και από τα τέλη Οκτωβρίου ως και τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου.

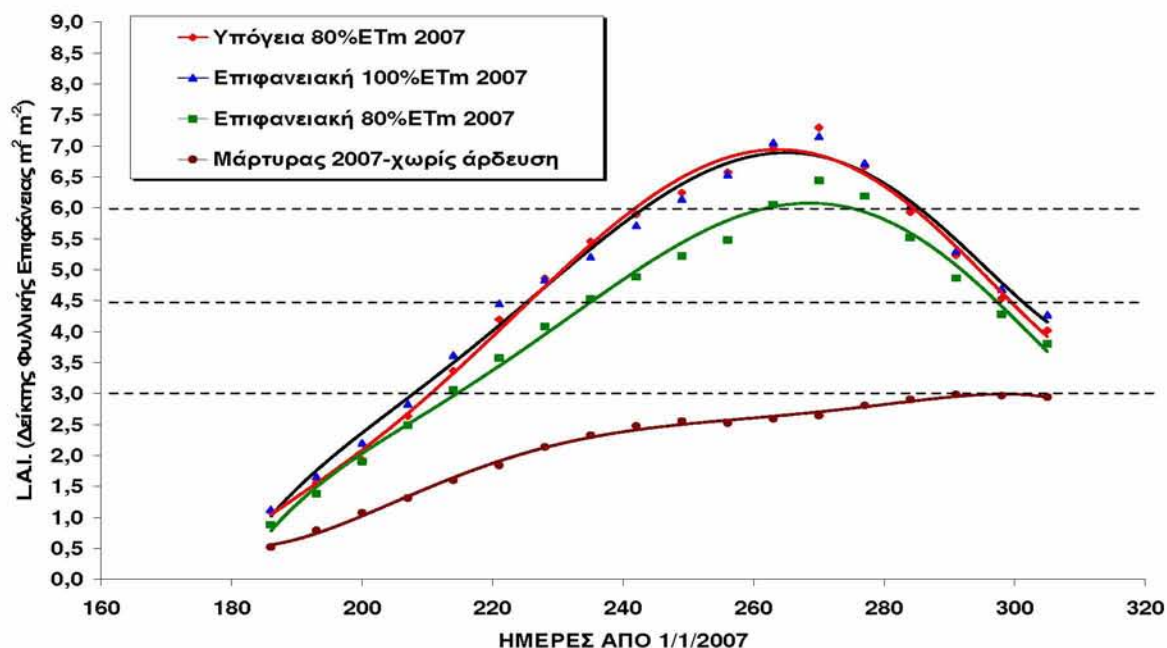
7.12.4 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας φυτών πρώιμης σποράς έτους 2007

7.12.4.1 Γενικά

Στον πίνακα 7.3.3 παρουσιάζονται οι μεταβολές ως περιοδικοί (ημερήσιοι) ρυθμοί αύξησης του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών στο σύνολο των μεταχειρίσεων για τη πρώιμη σπορά του έτους 2007. Παράλληλα στο διάγραμμα 7.5.4 αποτυπώνεται η εξέλιξη του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών για το σύνολο των μεταχειρίσεων για το έτος 2007.

Όπως λοιπόν παρουσιάζεται στο διάγραμμα 7.5.4 την οριακή τιμή έναρξης της αναπτυξιακής διαδικασίας ($L.A.I. = 3,0$) ξεπέρασαν όλες οι μεταχειρίσεις, με εξαίρεση το μάρτυρα, κατά τη διάρκεια του καλλιεργητικού έτους 2007. Η συνολική διάρκεια διατήρησης σε υψηλότερες από την οριακή τιμή του δείκτη φυλλικής επιφάνειας ήταν στις επιφανειακές επαναλήψεις στο 100% των απαιτήσεων σε νερό 117 ημέρες, στις υπόγειες στάγδην 107 ημέρες, και στις επαναλήψεις της επιφανειακής στο 80% των απαιτήσεων σε νερό 102 ημέρες. Επίσης οι διαφοροποιήσεις μεταξύ της υπόγεια στάγδην και της επιφανειακής στο 100% των απαιτήσεων σε νερό παρέμειναν χαμηλές, ακόμη και όταν η διαφορά ημερών διατήρησης του δείκτη φυλλικής επιφάνειας ήταν πάνω από τη βέλτιστη τιμή 4,5. Έτσι στις επιφανειακές στάγδην στο 100%, η χρονική διάρκεια ήταν συνολικά 79 ημέρες, στις υπόγειες στάγδην 73 ημέρες και στις επιφανειακές στο 80% αντίστοιχα 60 ημέρες.

Περίοδοι μέτρησης	5/7–19/7	20/7–9/8	10/8–30/8	31/8–20/9	21/9–11/10	12/10–1/11
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Μεταβολή υψών (cm ² φυλλικής κάλυψης cm ⁻² επιφάνειας εδάφους d ⁻¹)					
Υπόγεια στάγδην 80% ETm	3,8-7,1	6,2-14,8	3,8-12,5	2,5-6,6	(-11,0)-5,7	(-11,4)-(-7,0)
Επιφανειακή στάγδην 100% ETm	6,0-10,0	8,2-16,0	4,5-8,7	4,8-10,0	(-10,7)-4,8	(-11,3)-(-2,1)
Επιφανειακή στάγδην 80% ETm	5,5-8,9	6,5-10,4	4,5-9,0	2,6-10,9	(-10,2)-6,5	(-5,6)-(-10,0)
Μάρτυρας – χωρίς άρδευση	3,0-5,4	2,9-5,5	(-0,8)-5,5	(-2,2)-5,0	(-1,1)-4,3	(-1,2)-2,5



Διάγραμμα 7.5.4: Εξέλιξη του δείκτη φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων κατά το έτος 2007 (πρώιμη σπορά).

Όσον αφορά τη τιμή 6,0 του δείκτη φυλλικής επιφάνειας, οι ημέρες που συνολικά οι αρδευόμενες μεταχειρίσεις ξεπέρασαν τη τιμή αυτή, για το καλλιεργητικό έτος του 2007, ήταν 37, 39 και 16 ημέρες, αντίστοιχα. Στα τέλη του τελευταίου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου επιτεύχθηκαν και οι μέγιστες τιμές του L.A.I. στο σύνολο των αρδευόμενων μεταχειρίσεων. Έτσι η μέγιστη τιμή L.A.I. που παρατηρήθηκε στις επαναλήψεις τις επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό ήταν 9,00 και αντίστοιχα στις επαναλήψεις της υπόγειας

στάγδην 8,50 και στις επαναλήψεις της επιφανειακής στο 80% των απαιτήσεων σε νερό 7,60. Οι μέγιστες τιμές στις επαναλήψεις του μάρτυρα μετρήθηκαν στις αρχές του πρώτου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου και ήταν 4,10.

Συμπερασματικά οι ξηροθερμικές συνθήκες που επικράτησαν κατά το έτος 2007, σε συνδυασμό και με τη μείωση των απαραίτητων για τα φυτά θρεπτικών στοιχείων, δεν επέτρεψαν στο σύνολο των μεταχειρίσεων να επιτύχουν υψηλές τιμές αναπτυξιακών ρυθμών, ως μεταβολή του δείκτη φυλλικής επιφάνειας, καθ' όλη τη διάρκεια του 2007. Αντίστοιχα οι αρνητικοί ρυθμοί ανάπτυξης έκαναν την εμφάνιση τους από τις αρχές του πρώτου δεκαημέρου του Οκτωβρίου, με εξαίρεση τις επαναλήψεις του μάρτυρα, λαμβάνοντας σε κάθε περίπτωση, όπως φαίνεται και στον πίνακα 7.7.3, διαφορετικό εύρος διακυμάνσεων. Σε τελική ανάλυση το καλλιεργητικό έτος του 2007 αποδείχθηκε ως το πλέον αντί – αναπτυξιακό – παραγωγικό έτος για τη καλλιέργεια του γλυκού σόργου στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

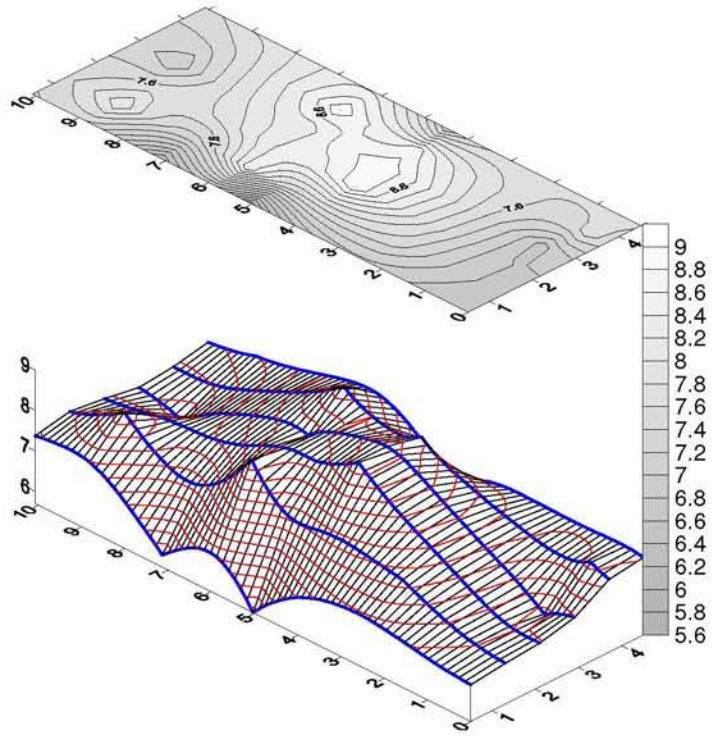
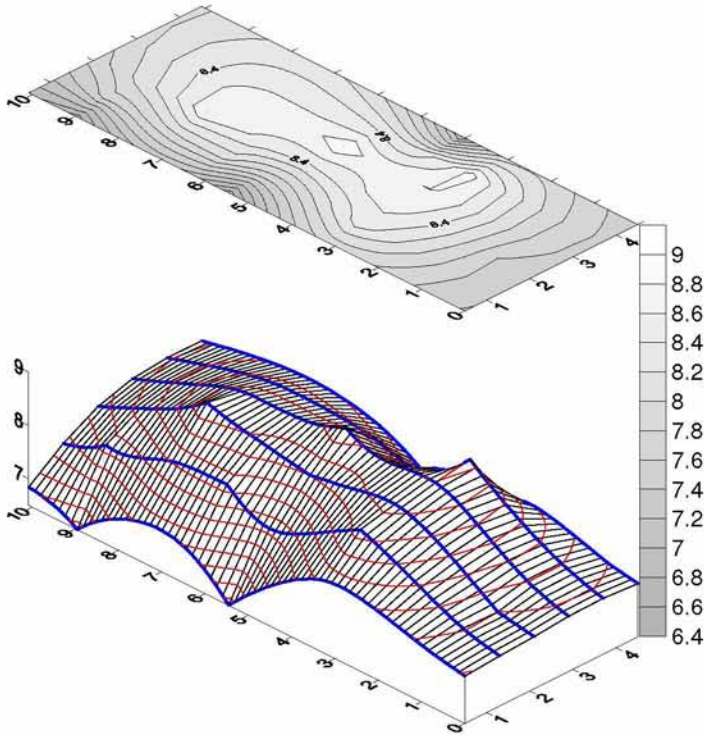
Εκτιμώντας τους ρυθμούς της αναπτυξιακής διαδικασίας, όπως αυτή αποτυπώθηκε με τη μέθοδο της γεωστατιστικής τόσο στο επίπεδο όσο και στο χώρο (βλ. παράρτημα – αποτύπωση δείκτη φυλλικής επιφάνειας με τη μέθοδο της γεωστατιστικής έτους 2007), παρατηρήθηκε, όπως και τα προηγούμενα έτη, σχετική υπεροχή των τιμών του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των κεντρικών σειρών των πειραματικών στο σύνολο τους, ενώ παράλληλα η νοτιοανατολική τοποθέτηση των φυτών έτυχε υψηλότερων αναπτυξιακών τιμών για το σύνολο των αρδευομένων μεταχειρίσεων.

Η στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα SPSS δεν ανέδειξε σαφή ανωτερότητα μεταξύ της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό και της υπόγειας στάγδην άρδευσης, σε επίπεδο σημαντικότητας 95% επί του συνόλου των μετρήσεων (t-test), με εξαίρεση τις περιόδους από τις αρχές έως και τα τέλη Ιουλίου και από τα τέλη Οκτωβρίου ως και τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου. Αντίθετα σαφή υπεροχή των μεταχειρίσεων της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό και της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα παρατηρήθηκε καθ' όλη τη καλλιεργητική περίοδο του 2007. Μεταξύ της υπόγειας στάγδην και της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά, σε επίπεδο σημαντικότητας 95%, από το πρώτο δεκαήμερο του Οκτωβρίου έως και τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου.

ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ 27/9/2005 – ΔΕΙΓΜΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ

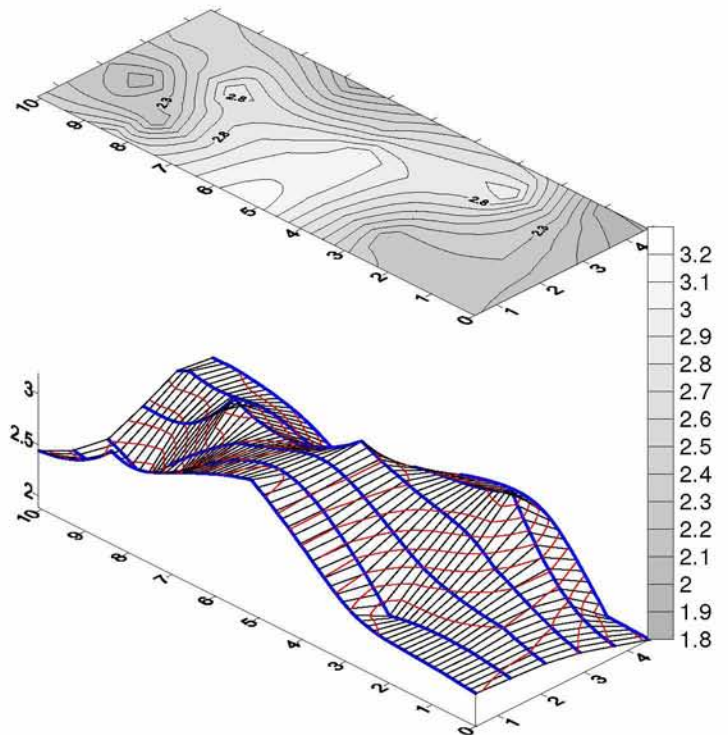
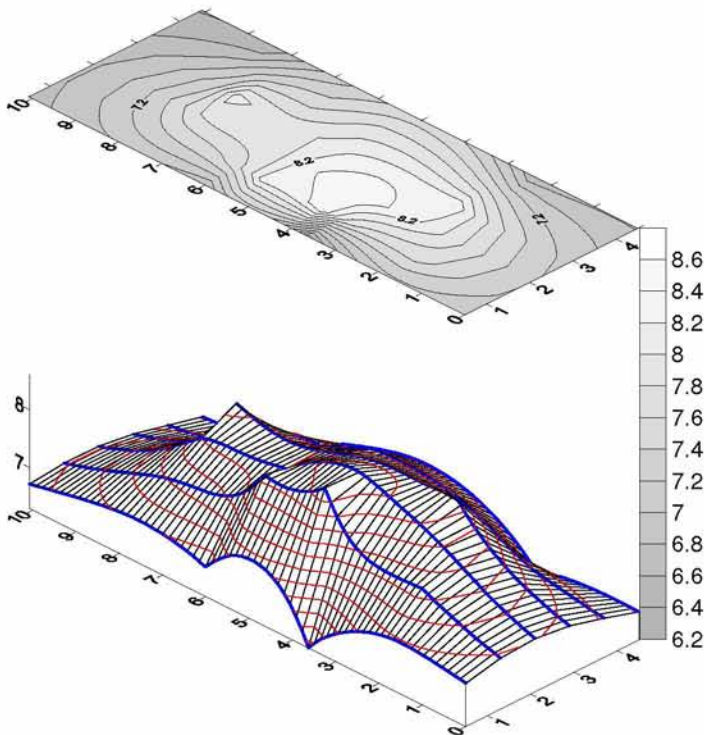
Υ12 – Επανάληψη Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm

Ε3 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 100%ETm



Ε2 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm

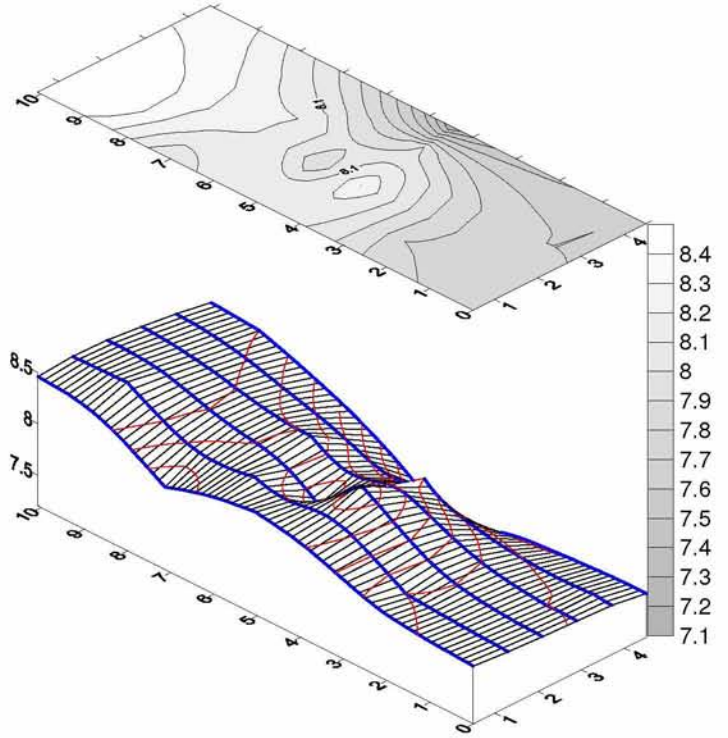
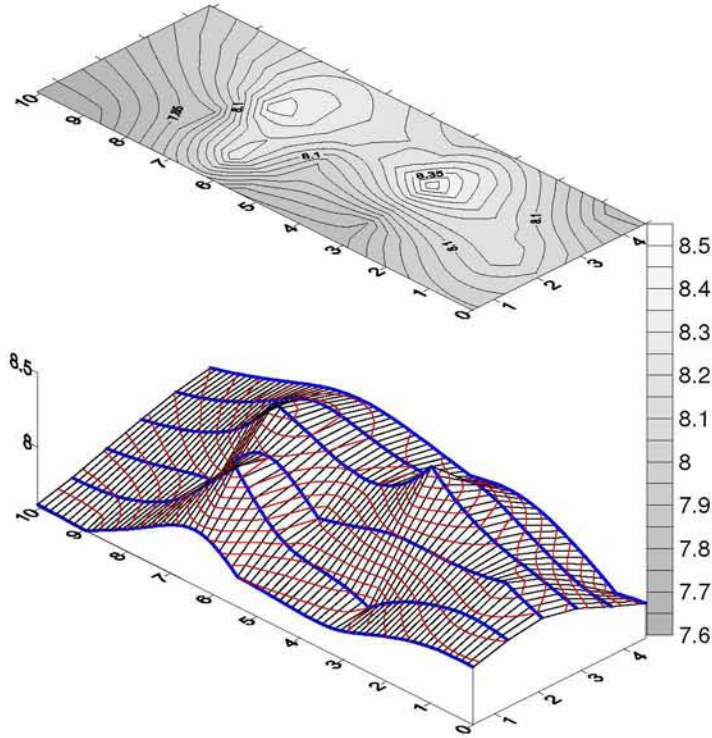
Μ4 – Επανάληψη Μάρτυρα – χωρίς άρδευση



ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ 27/9/2006 – ΔΕΙΓΜΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ

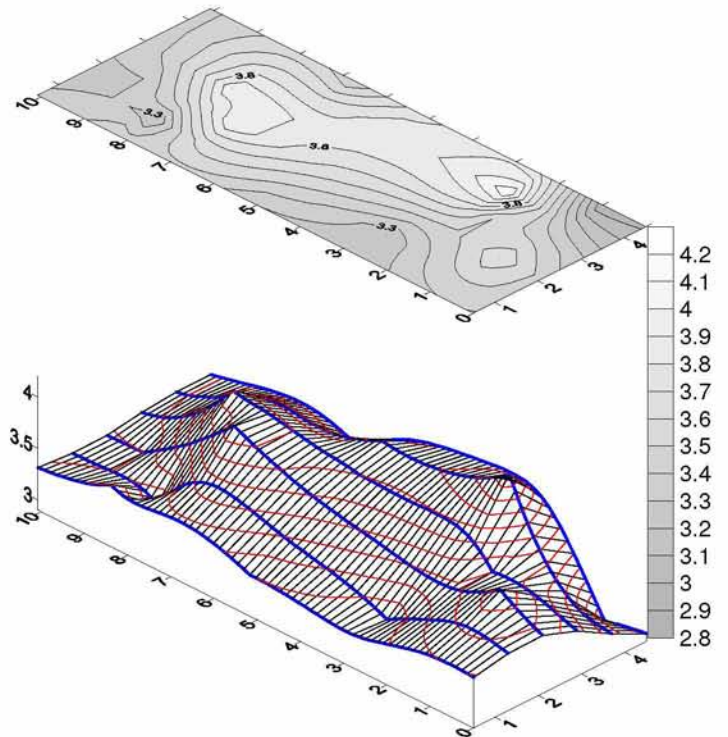
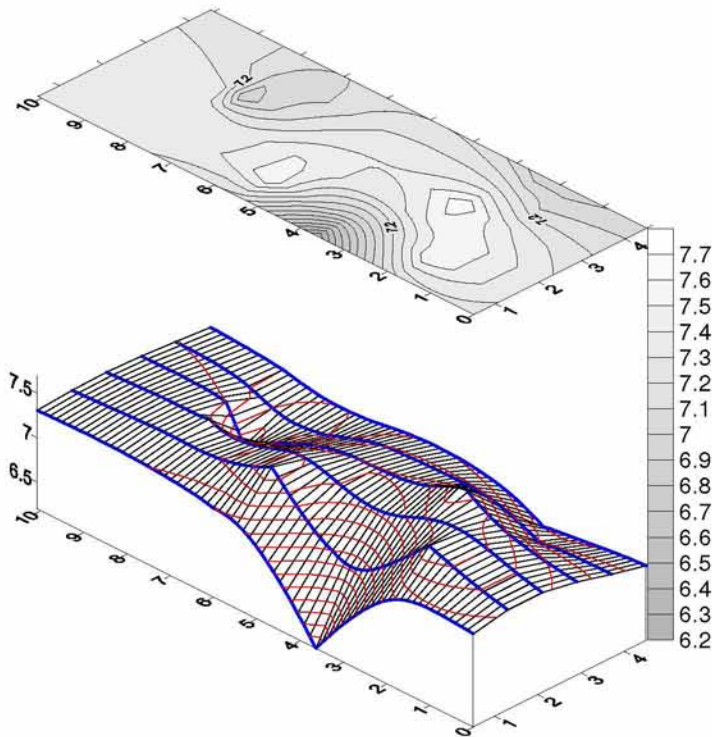
Υ12 – Επανάληψη Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm

Ε3 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 100%ETm



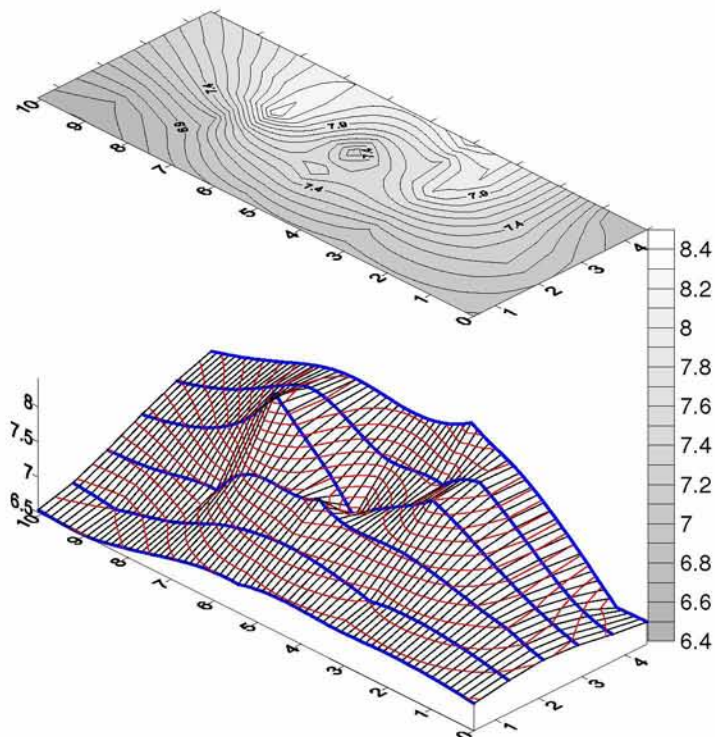
Ε2 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm

Μ4 – Επανάληψη Μάρτυρα – χωρίς άρδευση

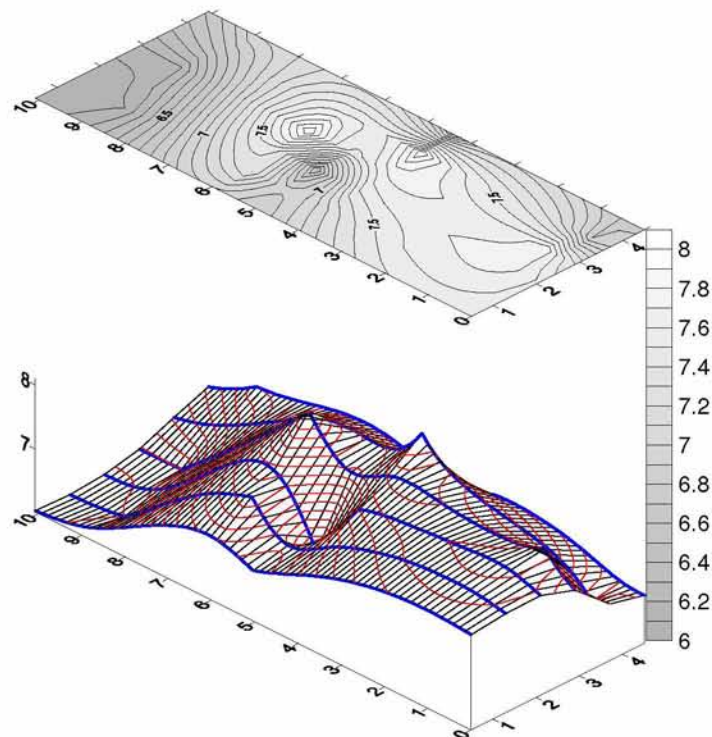


ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ 27/9/2007 – ΔΕΙΓΜΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ

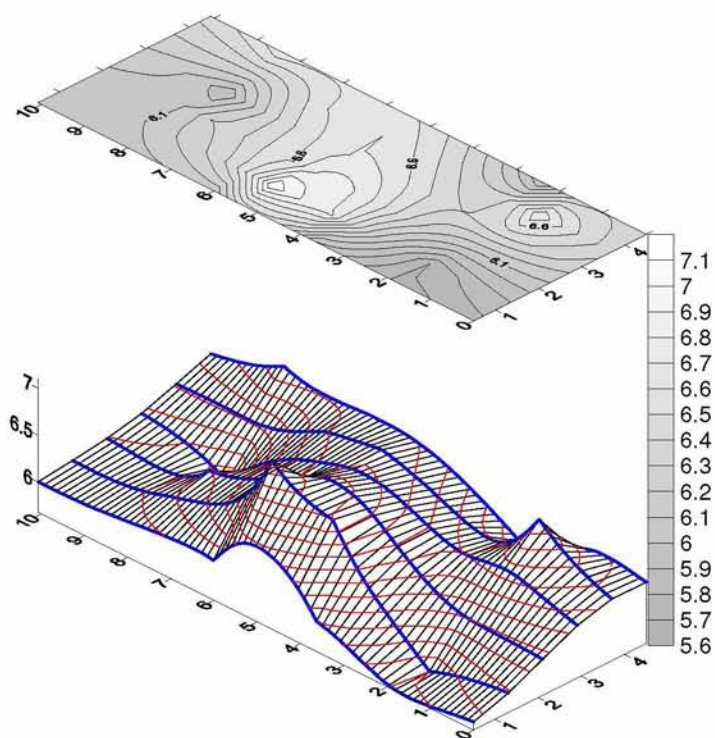
Υ12 – Επανάληψη Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm



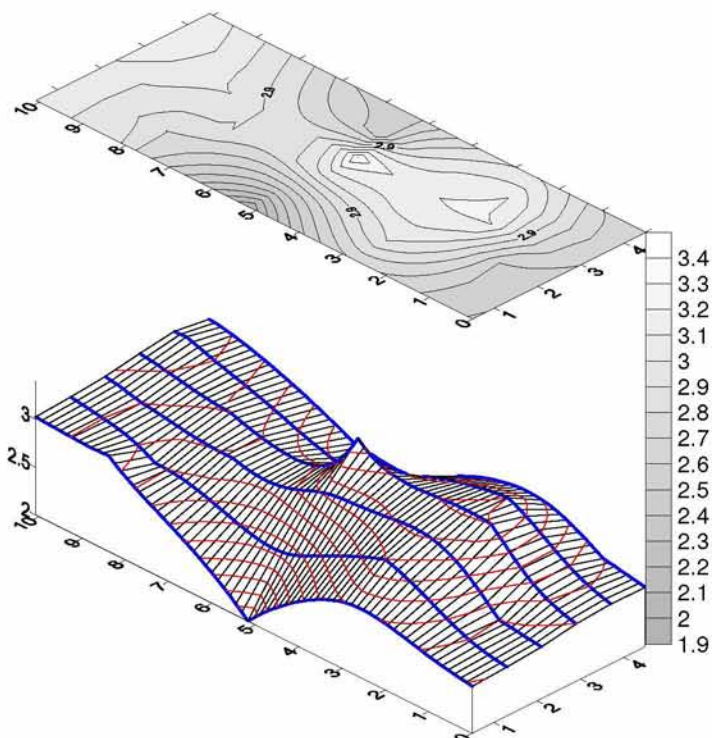
Ε3 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 100%ETm



Ε2 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm



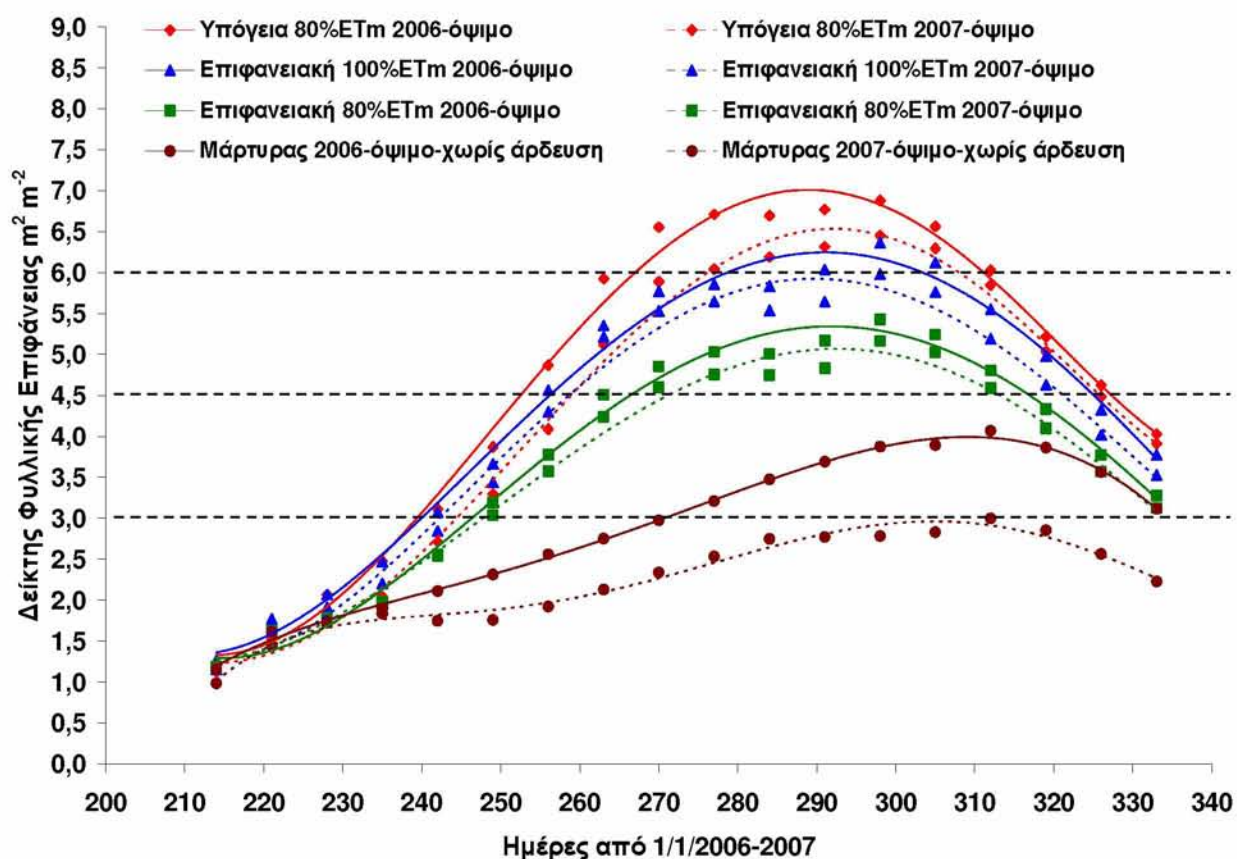
Μ4 – Επανάληψη Μάρτυρα – χωρίς άρδευση



7.13 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας φυτών – όψιμη σπορά

7.13.1 Γενικά

Η εξέλιξη του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών, της όψιμης σποράς, όλων των μεταχειρίσεων που έτυχαν διαφορετικής μεθοδολογίας άρδευσης καθώς επίσης και του μάρτυρα για το σύνολο των ετών διεξαγωγής του πειράματος, απεικονίζεται στο διάγραμμα 7.5.5.



Διάγραμμα 7.5.5: Εξέλιξη του δείκτη φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων και των ετών διεξαγωγής του πειράματος στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο (όψιμη σπορά).

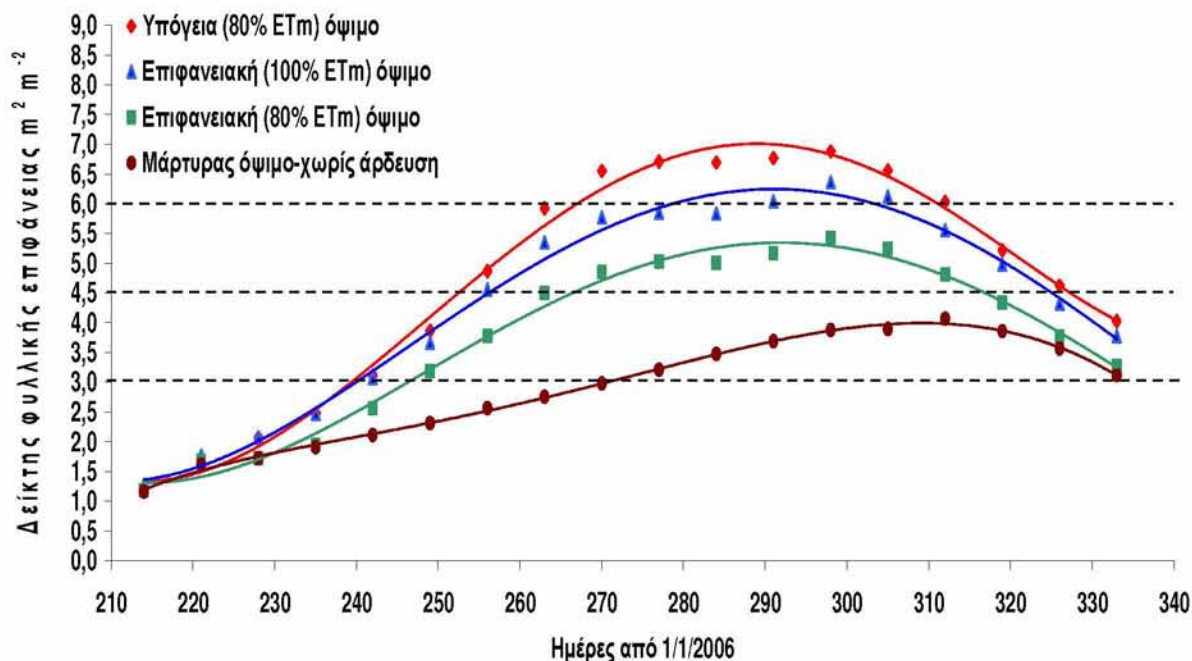
7.13.2 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας φυτών όψιμης σποράς έτους 2006

7.13.2.1 Γενικά

Στον πίνακα 7.3.4 παρουσιάζονται οι μεταβολές ως περιοδικοί (ημερήσιοι) ρυθμοί αύξησης του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών στο σύνολο των μεταχειρίσεων για την όψιμη σπορά του έτους 2006.

Πίνακας 7.3.4: Ρυθμοί μεταβολής δείκτη φυλλικής επιφάνειας φυτών έτους 2006						
Περίοδοι μέτρησης	2/8-16/8	17/8-6/9	7/9-27/9	28/9-18/10	19/10-8/11	9/11-29/11
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Μεταβολή υψών (cm ² φυλλικής κάλυψης cm ⁻² επιφάνειας εδάφους d ⁻¹)					
Υπόγεια στάγδην 80% ETm	4,1-7,7	4,7-13,2	6,1-18,4	(-2,0)-2,8	(-12,2)-2,5	(-16,9)-(-7,7)
Επιφανειακή στάγδην 100% ETm	3,0-7,6	4,3-10,7	4,4-13,6	(-1,2)-4,3	(-10,2)-9,0	(-10,5)-(-7,3)
Επιφανειακή στάγδην 80% ETm	0,4-7,9	1,9-12,6	3,9-13,9	(-1,8)-4,8	(-8,7)-5,6	(-8,8)-(-4,2)
Μάρτυρας – χωρίς άρδευση	1,0-7,4	1,0-4,8	2,6-4,5	2,5-4,6	(-0,8)-3,0	(-6,7)-(-2,4)

Επίσης, στο διάγραμμα 7.5.6 αποτυπώνεται η εξέλιξη του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών για το σύνολο των μεταχειρίσεων για το έτος 2006.



Διάγραμμα 7.5.6: Εξέλιξη του δείκτη φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων κατά το έτος 2006 (όψιμη σορά).

Το καλλιεργητικό έτος του 2006, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ήταν σχετικά ήπιο από πλευράς θερμοκρασιών και βροχοπτώσεων, παράγοντες, που σε συνδυασμό με την επάρκεια σε εδαφικό νερό, επέδρασαν ευεργετικά στην ανάπτυξη

και παραγωγικότητα των φυτών του γλυκού σόργου. Ειδικότερα, στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις, οι ρυθμοί ανάπτυξης ήταν αρκετά ικανοποιητικοί, σε σύγκριση με τους αντίστοιχους της πρόιμης σποράς.

Όπως λοιπόν παρουσιάζεται στο διάγραμμα 7.5.6 την οριακή τιμή έναρξης της αναπτυξιακής διαδικασίας ($L.A.I. = 3,0$) ξεπέρασαν στο σύνολο τους όλες οι μεταχειρίσεις κατά τη διάρκεια του καλλιεργητικού έτους 2006. Η συνολική διάρκεια διατήρησης σε υψηλότερες από την οριακή τιμή του δείκτη φυλλικής επιφάνειας ήταν, στις υπόγειες στάγδην 104 ημέρες, στις επιφανειακές επαναλήψεις στο 100% των απαιτήσεων σε νερό 100 ημέρες, στις επαναλήψεις της επιφανειακής στο 80% των απαιτήσεων σε νερό 89 ημέρες, και στις επαναλήψεις του μάρτυρα (χωρίς άρδευση) 63 ημέρες. Το γεγονός αυτό επέτρεψε στις υπόγειες στάγδην και στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις στο 100% των απαιτήσεων σε νερό να επιτύχουν υψηλότερες αποδόσεις σε χλωρή και ξηρή βιομάζα σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Αντίστοιχα ήταν και τα αποτελέσματα παραγωγικότητας των μεταχειρίσεων του μάρτυρα σε σχέση και με το έτος που ακολούθησε.

Πιο αντιπροσωπευτική γίνεται η διαφοροποίηση υπέρ της υπόγειας στάγδην άρδευσης όταν συγκρίνονται οι ημέρες διατήρησης του δείκτη υψηλότερα από τη βέλτιστη τιμή 4,5. Έτσι στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις η χρονική διάρκεια ήταν συνολικά 73 ημέρες, στις επιφανειακές στάγδην στο 100% ήταν 68 ημέρες, και στις επιφανειακές στάγδην στο 80% αντίστοιχα 53 ημέρες, ενώ στις επαναλήψεις του μάρτυρα η συγκεκριμένη τιμή μετρήθηκε μόνο ως ανώτερη τιμή στις αρχές Οκτωβρίου με μέσα Νοεμβρίου.

Όσον αφορά τη τιμή 6,0 του δείκτη φυλλικής επιφάνειας, οι ημέρες που συνολικά οι αρδευόμενες μεταχειρίσεις ξεπέρασαν τη τιμή αυτή, για το καλλιεργητικό έτος του 2006, ήταν 48 ημέρες για τις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις και 15 ημέρες για τις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό. Αντίθετα στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό η τιμή 6,0 του δείκτη δεν ξεπεράστηκε ως μέσος όρος και παρατηρήθηκε ως ανώτερη τιμή στα τέλη Σεπτεμβρίου. Αντίστοιχα στα τέλη Οκτωβρίου επιτεύχθηκαν και οι μέγιστες τιμές του $L.A.I.$ για τις μεταχειρίσεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και της υπόγειας στάγδην. Έτσι η μέγιστη τιμή $L.A.I.$ που παρατηρήθηκε στις επαναλήψεις τις επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό ήταν 7,60 και αντίστοιχα στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην 9,10. Οι μέγιστες τιμές στις επαναλήψεις της επιφανειακής στο 100% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα μετρήθηκαν στις αρχές του πρώτου δεκαημέρου του Νοεμβρίου και ήταν 8,8 και 5,0 αντίστοιχα. Συμπερασματικά οι ευεργετικές βροχοπτώσεις των μηνών Ιουνίου και Σεπτεμβρίου συνεπικουρούμενες από τις ήπιες θερμοκρασίες του καλλιεργητικού έτους 2006, σε συνδυασμό και με την επάρκεια σε εδαφικό νερό κατά τους κρίσιμους μήνες, επέδρασαν θετικά στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα των φυτών του γλυκού σόργου. Ειδικότερα, η μειωμένη επιφανειακή εξάτμιση και η μεγάλη συχνότητα των

αρδεύσεων σε μικρότερες δόσεις (ποσότητες), επέτρεψαν, στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην και της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, να επιτύχουν υψηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης από τους αντίστοιχους της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό.

Από τη στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το πακέτο SPSS, ήταν εμφανής η στατιστικώς σημαντική διαφορά υπέρ της υπόγειας στάγδην άρδευσης, σε επίπεδο σημαντικότητας 95% επί του συνόλου των τιμών μέτρησης, έναντι της επιφανειακής στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα. Η διαφοροποίηση αυτή μεταξύ της υπόγειας στάγδην και της επιφανειακής στο 100% των απαιτήσεων σε νερό ήταν εμφανής και σταθερή μετά το πέρας του πρώτου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου.

Πίνακας 7.3.5: Ρυθμοί μεταβολής δείκτη φυλλικής επιφάνειας φυτών έτους 2007

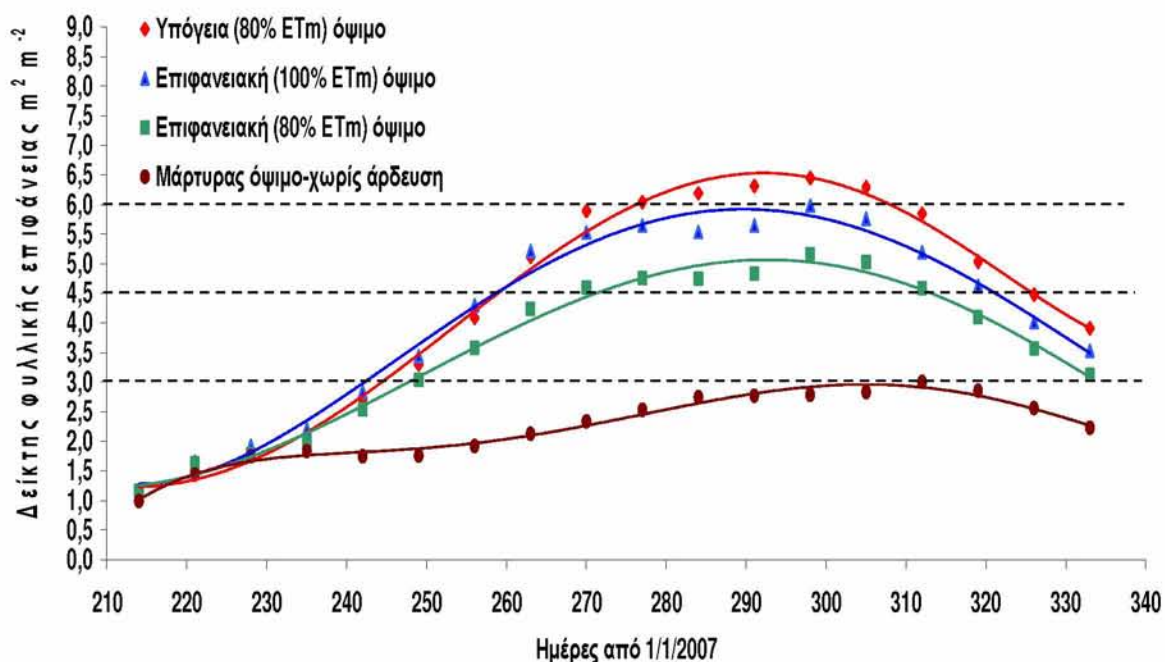
Περίοδοι μέτρησης	2/8-16/8	17/8-6/9	7/9-27/9	28/9-18/10	19/10-8/11	9/11-29/11
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	Μεταβολή υψών (cm ² φυλλικής κάλυψης cm ⁻² επιφάνειας εδάφους d ⁻¹)					
Υπόγεια στάγδην 80% ETm	1,5-6,3	1,4-10,5	9,6-17,5	0,0-5,2	(-9,4)-4,3	(-16,3)-(-7,0)
Επιφανειακή στάγδην 100% ETm	2,3-8,0	2,6-9,9	3,5-15,3	(-2,0)-3,3	(-9,0)-6,7	(-9,6)-(-6,5)
Επιφανειακή στάγδην 80% ETm	1,6-7,0	1,7-9,5	4,3-12,5	(-1,4)-3,6	(-7,5)-6,4	(-7,9)-(-5,8)
Μάρτυρας – χωρίς άρδευση	3,4-7,3	(-2,1)-1,9	1,8-3,9	0,1-3,8	(-0,5)-3,3	(-5,0)-(-1,6)

7.13.3 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας φυτών όψιμης σποράς έτους 2007

7.13.3.1 Γενικά

Στον πίνακα 7.3.5 παρουσιάζονται οι μεταβολές ως περιοδικοί (ημερήσιοι) ρυθμοί αύξησης του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών στο σύνολο των μεταχειρίσεων για την όψιμη σπορά του έτους 2007. Παράλληλα, στο διάγραμμα 7.5.7 αποτυπώνεται η εξέλιξη του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών για το σύνολο των μεταχειρίσεων για το έτος 2007.

Όσον αφορά την όψιμη σπορά του καλλιεργητικού έτους 2007, η οριακή τιμή 3,0 του δείκτη φυλλικής επιφάνειας, ξεπεράστηκε στο σύνολο των μεταχειρίσεων με εξαίρεση τον μάρτυρα. Η συνολική διάρκεια διατήρησης σε υψηλότερες από την οριακή τιμή του δείκτη φυλλικής επιφάνειας ήταν, στις υπόγειες στάγδην 98 ημέρες, στις επιφανειακές επαναλήψεις στο 100% των απαιτήσεων σε νερό 96 ημέρες, και στις επαναλήψεις της επιφανειακής στο 80% των απαιτήσεων σε νερό 85 ημέρες.



Διάγραμμα 7.5.7: Εξέλιξη του δείκτη φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων κατά το έτος 2007 (όψιμη σπορά).

Αντίστοιχα τη βέλτιστη τιμή 4,5 του δείκτη διατήρησαν οι μεταχειρίσεις της υπόγεια στάγδην 66 ημέρες και των επιφανειακών στάγδην 62 και 43 ημέρες αντίστοιχα. Οι διαφοροποιήσεις αυτές ανέδειξαν την υπεροχή της υπόγεια στάγδην και της επιφανειακής στο 100% των απαιτήσεων σε νερό έναντι της επιφανειακής στο 80% των απαιτήσεων. Παράλληλα η υπεροχή της υπόγεια στάγδην έναντι της επιφανειακής στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, διακρίθηκε από τις μετρίσιμες διαφορές ημερών για τιμές του δείκτη πέραν της άριστης τιμής 6,0. Επομένως, και ενώ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις η συνολική διάρκεια ήταν 32 ημέρες, στις επιφανειακές επαναλήψεις η συγκεκριμένη τιμή ως τελικός μέσος όρος δεν επιτεύχθηκε καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Στα τέλη Οκτωβρίου με αρχές Νοεμβρίου επιτεύχθηκαν και οι μέγιστες τιμές του L.A.I. για το σύνολο των μεταχειρίσεων. Έτσι η μέγιστη τιμή L.A.I. που παρατηρήθηκε στις επαναλήψεις τις επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό ήταν 7,50 (τέλη Οκτωβρίου) και αντίστοιχα στις επαναλήψεις της υπόγεια στάγδην 8,50 (αρχές Νοεμβρίου). Η μέγιστη τιμή στις επαναλήψεις της επιφανειακής στο 80% των απαιτήσεων σε νερό μετρήθηκε στα τέλη Οκτωβρίου και του μάρτυρα στις αρχές Νοεμβρίου και ήταν 6,60 και 3,70 αντίστοιχα.

Σε γενικές γραμμές πάντως οι ξηροθερμικές συνθήκες που επικράτησαν κατά το έτος 2007 δεν επέτρεψαν στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις να επιτύχουν ικανοποιητικούς ρυθμούς ανάπτυξης, εξαιτίας κυρίως των αυξημένων τιμών επιφανειακής εξάτμισης.

Από τη στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το πακέτο SPSS, ήταν εμφανής η στατιστικώς σημαντική διαφορά υπέρ της υπόγειας στάγδην άρδευσης, σε επίπεδο σημαντικότητας 95% επί του συνόλου των τιμών μέτρησης, έναντι της επιφανειακής στο 100% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα, από τις αρχές Αυγούστου. Η διαφοροποίηση αυτή μεταξύ της υπόγειας στάγδην και της επιφανειακής στο 80% των απαιτήσεων σε νερό ήταν σαφής και σταθερή μετά το πέρας του τελευταίου δεκαημέρου του Αυγούστου.

7.14 Συζήτηση – δείκτης φυλλικής επιφάνειας φυτών

Ανακεφαλαιώνοντας, τα χρήσιμα συμπεράσματα που παρήχθησαν από την ολοκλήρωση του πειράματος σχετικά με τους αναπτυξιακούς δείκτες, ως αποτέλεσμα της μελέτης εξέλιξης του δείκτη φυλλικής επιφάνειας, της καλλιέργειας του γλυκού σόργου υπό το καθεστώς διαφορετικών μεταχειρίσεων άρδευσης, δεν διαφέρουν σημαντικά από τα αντίστοιχα της μελέτης εξέλιξης των υψών. Συμπληρωματικά λοιπόν μπορεί να ειπωθεί ότι:

- ✓ Το κυριότερο πλεονέκτημα των επιφανειακών στάγδην μεταχειρίσεων, έναντι της υπόγειας στάγδην άρδευσης, ήταν η γρήγορη έναρξη της αναπτυξιακής διαδικασίας (πρώιμη ανάπτυξη της καλλιέργειας), λόγω της άμεσης πρόσβασης του αρδευτικού νερό στο ενεργό κομμάτι του ρίζας (μικρή ανάπτυξη ριζοστρώματος).
- ✓ Παρατηρήθηκε ανοχή στη γήρανση των φύλλων στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, ειδικότερα κατά το καλλιεργητικό έτος 2005.

Υπερθεματίζοντας ως επιβεβαίωση και των συμπερασμάτων που προήλθαν από τη μελέτη της εξέλιξης των υψών μπορεί να ειπωθεί ότι:

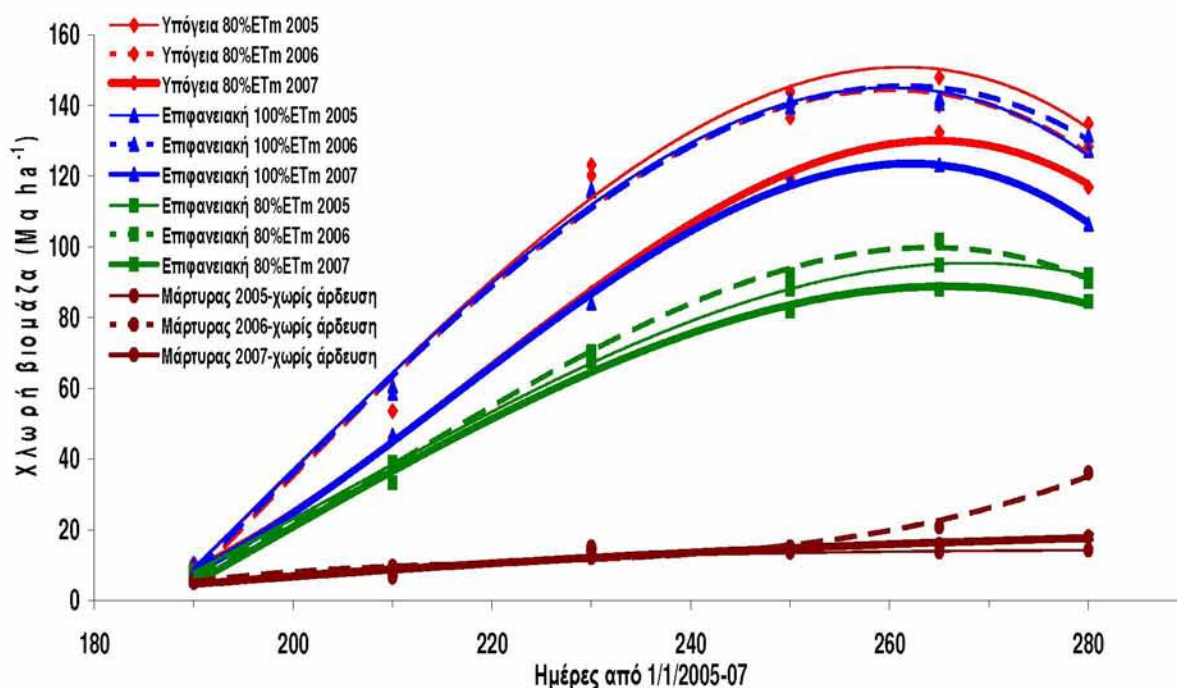
- ✓ Για αναλογικά ισόποσες χορηγούμενες δόσεις άρδευσης η υπόγεια υπερτερεί της επιφανειακής στάγδην άρδευσης σε τελικούς αναπτυξιακούς ρυθμούς.
- ✓ Σε χρονιές με υψηλές απαιτήσεις σε αρδευτικό νερό η υπόγεια στάγδην άρδευση υπερτερεί της επιφανειακής στάγδην, ενώ οι ρόλοι αντιστρέφονται όταν οι απαιτήσεις σε αρδευτικό νερό μειώνονται και οι μέσες θερμοκρασίες ημέρας γίνονται ηπιότερες.
- ✓ Απαραίτητη πρέπει να θεωρείται η χορήγηση λιπαντικής αγωγής μετά το πέρας δύο συναπτών ετών καλλιέργειας του εδάφους με γλυκό σόργο.
- ✓ Οι όψιμες σπορές (αρχές Ιουνίου) της καλλιέργειας του γλυκού σόργου, για το Μεσογειακό θέρος της κεντρικής Ελλάδας, δεν ήταν εξίσου αποδοτικές με τις αντίστοιχες πρώιμες σπορές (αρχές Μαΐου).
- ✓ Η αποτύπωση της εξελικτικής πορείας των πειραματικών με τη μέθοδο της γεωστατιστικής, ανέδειξε υπεροχή των κεντρικών σειρών με νοτιοανατολικό προσανατολισμό.

7.15 Χλωρή βιομάζα – πρώιμη σπορά

7.15.1 Γενικά

Τα δύο προηγούμενα μεγέθη ύψος και φυλλική επιφάνεια των φυτών, που μελετήθηκαν, αναφέρονται στον παράγοντα “ανάπτυξη της καλλιέργειας”. Οι παραγωγές σε χλωρή και ξηρή βιομάζα που ακολουθούν αναφέρονται στο δεύτερο παράγοντα που τέθηκε προς εξέταση και χαρακτηρίζεται με τον όρο “παραγωγικότητα της καλλιέργειας”.

Έτσι, η εξέλιξη της χλωρής βιομάζας των βλαστών των φυτών, της πρώιμης σποράς, όλων των μεταχειρίσεων που έτυχαν διαφορετικής μεθοδολογίας άρδευσης καθώς επίσης και του μάρτυρα για το σύνολο των ετών διεξαγωγής του πειράματος, απεικονίζεται στο διάγραμμα 7.6.1. Η επιλογή καταγραφής στα διαγράμματα παραγωγής και παραγωγικότητας της χλωρής βιομάζας των βλαστών και όχι του συνόλου του φυτού (φύλλα, αναπαραγωγικά όργανα, ρίζες) έγινε με γνώμονα τη τελική μορφή πώλησης του προϊόντος για τη παραγωγή βιοαιθανόλης.

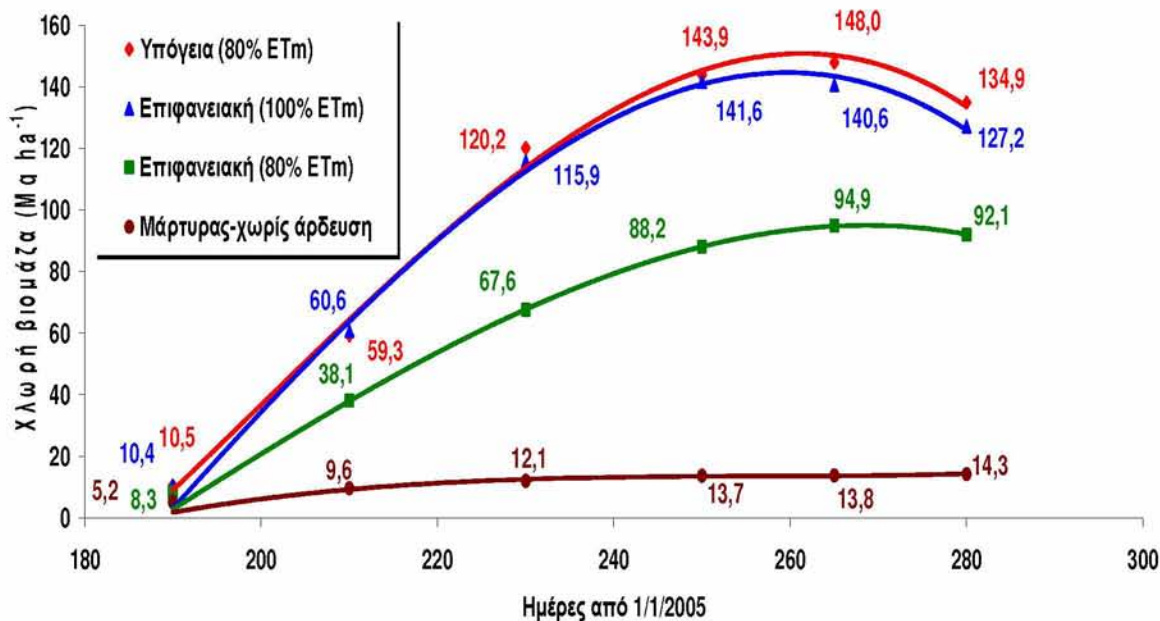


Διάγραμμα 7.6.1: Εξέλιξη της χλωρής βιομάζας των βλαστών της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων και των ετών διεξαγωγής του πειράματος στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο (πρώιμη σπορά).

7.15.2 Χλωρή βιομάζα φυτών πρώιμης σποράς έτους 2005

7.15.2.1 Γενικά

Στο διάγραμμα 7.6.2 αποτυπώνεται η εξέλιξη της χλωρής βιομάζας των βλαστών των φυτών για το σύνολο των μεταχειρίσεων για το έτος 2005.

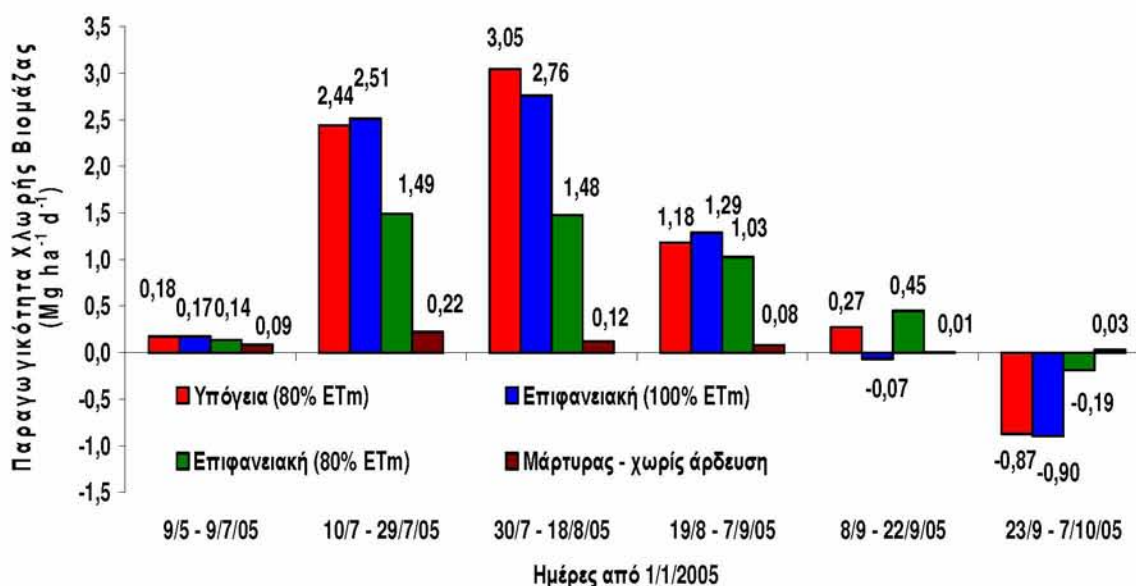


Διάγραμμα 7.6.2: Εξέλιξη της χλωρής βιομάζας των βλαστών της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων κατά το έτος 2005 (πρώιμη σπορά).

Παράλληλα, στο διάγραμμα 7.6.3 παρουσιάζεται η παραγωγικότητα σε χλωρή βιομάζα των βλαστών του συνόλου των μεταχειρίσεων για το έτος 2005. Όπως λοιπόν αποτυπώνεται στα διαγράμματα 7.6.2 και 7.6.3 της παραγωγής και της παραγωγικότητας σε χλωρή βιομάζα, οι επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με σταγόνα υπόγεια εμφάνισαν σαφή υπεροχή έναντι της επιφανειακής στάγδην άρδευσης.

Ειδικότερα, και μετά την ολοκλήρωση των δύο πρώτων μηνών (60 ημέρες) από τη σπορά (9/7/2005), η υπόγεια στάγδην και η επιφανειακή στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό υπερέιχαν στατιστικώς, σε επίπεδο σημαντικότητας 95% επί του συνόλου των μετρήσεων, της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα (χωρίς άρδευση). Αντίστοιχα οι τιμές της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων παρουσίασαν σαφή ανωτερότητα έναντι αυτών του μάρτυρα για την ίδια περίοδο μέτρησης. Οι μέσες τιμές παραγωγής ήταν 10,47 Mg ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, 10,35 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, 8,25 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και 5,15 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα.

Παράλληλα τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η αναλογία βάρους βλαστών προς τα φύλλα ήταν 1/3. Αντίστοιχα, οι ρυθμοί παραγωγικότητας ήταν 0,18 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις και ακολούθησαν οι επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων με 0,17 Mg ha⁻¹ d⁻¹, οι επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων με 0,14 Mg ha⁻¹ d⁻¹, και οι επαναλήψεις του μάρτυρα με 0,09 Mg ha⁻¹ d⁻¹.



Διάγραμμα 7.6.3: Παραγωγικότητα χλωρής βιομάζας των βλαστών των μεταχειρίσεων του έτους 2005 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

Με τη συμπλήρωση 80 ημερών (210 ημερολογιακές ημέρες) από τη σπορά δεν παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτες, σε σχέση και με τη προηγούμενη περίοδο μέτρησης, διαφορές στην υπεροχή μεταξύ των μεταχειρίσεων, σύμφωνα και με τη στατιστική επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε. Οι μέσες τιμές παραγωγής, ήταν 59,26 Mg ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, 60,62 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, 38,09 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και 9,62 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Παράλληλα τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η αναλογία βάρους βλαστών προς τα φύλλα στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις ήταν ελαφρώς μεγαλύτερη του 1/5, ενώ στις επαναλήψεις του μάρτυρα παρέμεινε στα ίδια με τη προηγούμενη περίοδο επίπεδα του 1/3. Η μοναδική διαφοροποίηση της συγκεκριμένης περιόδου, σε σχέση με την αξιολόγηση των μεταχειρίσεων, είχε να κάνει με τους ρυθμούς παραγωγικότητας, καθώς αποτυπώθηκαν υψηλότερες τιμές στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις στο 100% των απαιτήσεων σε νερό (2,51 Mg ha⁻¹ d⁻¹), σε σχέση με τις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις που ακολούθησαν (2,44 Mg ha⁻¹ d⁻¹). Οι αντίστοιχοι ρυθμοί

παραγωγικότητας στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων ήταν $1,49 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, και στις επαναλήψεις του μάρτυρα $0,22 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$.

Στα τέλη του δευτέρου δεκαημέρου του Αυγούστου, και με τη συμπλήρωση 100 ημερών από τη σπορά, εμφανίστηκε για πρώτη φορά μία ισχνή υπεροχή υπέρ της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε σχέση με την επιφανειακή στο 100% των απαιτήσεων, η οποία φυσικά προέκυψε λόγω του βάθους του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών, τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο, και στην αμεσότητα προσέγγισης του αρδευτικού νερού στη ρίζα με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης. Οι μέσες τιμές παραγωγής τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης, ήταν $120,19 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, $115,85 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, $67,61 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και $12,08 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η αναλογία βάρους βλαστών προς τα φύλλα στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις ήταν ελαφρώς μεγαλύτερη του 1/6, ενώ στις επαναλήψεις του μάρτυρα παρέμεινε σχεδόν στα ίδια επίπεδα με τις προηγούμενες περιόδους (ελαφρώς αυξημένη υπέρ των βλαστών).

Η περίοδος από τα τέλη Ιουλίου έως και τα μέσα του δευτέρου δεκαημέρου του Αυγούστου ανέδειξε και τον υψηλότερο δείκτη παραγωγικότητας του έτους στο σύνολο των μεταχειρίσεων που έλαβε τη τιμή $3,05 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις (ή αλλιώς 305 κιλά ημερήσια αύξηση σε χλωρή βιομάζα ανά στρέμμα). Ακολούθησαν οι επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, με εξίσου υψηλές τιμές της τάξης των $2,76 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, οι επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό με $1,48 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, και οι επαναλήψεις του μάρτυρα με σημαντικά μειωμένες τιμές του δείκτη παραγωγικότητας $0,12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$.

Σημαντική μείωση των τιμών παραγωγικότητας παρουσιάστηκε στο σύνολο των μεταχειρίσεων την επόμενη περίοδο μέτρησης από το τελευταίο δεκαήμερο του Αυγούστου έως και τα τέλη του πρώτου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου και με τη συμπλήρωση 120 ημερών από τη σπορά. Οι δείκτες παραγωγικότητας διακυμάνθηκαν από $1,18 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, σε $1,29 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 100% των απαιτήσεων, σε $1,03 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων, και σε $0,08 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Οι μέσες τιμές παραγωγής, ήταν $143,86 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, $141,60 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό (μέγιστη τιμή έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης), $88,17 \text{ Mg ha}^{-1}$, στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και $13,68 \text{ Mg ha}^{-1}$, στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Παράλληλα τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η αναλογία βάρους βλαστών προς τα φύλλα κυμάνθηκε στα ίδια με τη προηγούμενη περίοδο επίπεδα.

Από τις αρχές του τελευταίου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου, και έχοντας συμπληρωθεί 135 ημέρες από τη σπορά, ορατή ήταν η στατιστικώς σημαντική διαφορά, σε επίπεδο σημαντικότητας 95%, υπέρ της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε

σχέση με το σύνολο των υπολοίπων μεταχειρίσεων. Μεταξύ των επιφανειακών στάγδην η μεταχείριση στο 100% των απαιτήσεων εξακολούθησε να υπερτερεί της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό. Οι ρυθμοί παραγωγικότητας έλαβαν τη συγκεκριμένη περίοδο τις ελάχιστες θετικές τιμές ενώ έκανε πλέον την εμφάνιση της και η πρώτη αρνητική τιμή. Συγκεκριμένα, οι ρυθμοί παραγωγικότητας ήταν, $0,45 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων και ακολούθησαν οι υπόγειες στάγδην επαναλήψεις με $0,27 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, οι επαναλήψεις του μάρτυρα με $0,01 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, ενώ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων παρατηρήθηκε αρνητικός ρυθμός ανάπτυξης $-0,07 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο παρατηρήθηκε και η υψηλότερη μέση τιμή σε παραγωγή χλωρής βιομάζας από το σύνολο των ετών διεξαγωγής του πειράματος. Η τιμή αυτή πραγματοποιήθηκε στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης και ήταν $147,97 \text{ Mg ha}^{-1}$ ή αλλιώς 14,8 τόνοι χλωρής βιομάζας στο στρέμμα. Ακολούθησαν η μεταχείριση της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό με $140,63 \text{ Mg ha}^{-1}$, η μεταχείριση της επιφανειακής στο 80% των απαιτήσεων σε νερό με $94,89 \text{ Mg ha}^{-1}$ (μέγιστη τιμή έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης), και η μεταχείριση του μάρτυρα με $13,78 \text{ Mg ha}^{-1}$. Οι αναλογίες βάρους βλαστών και φύλλων δεν μεταβλήθηκαν, καθώς οι ρυθμοί ανάπτυξης του δείκτη φυλλικής επιφάνειας παρέμειναν θετικοί, και τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Από τα τέλη Σεπτεμβρίου έως και τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου έκαναν την εμφάνιση τους αρνητικοί ρυθμοί ανάπτυξης και παραγωγικότητας στο σύνολο των μεταχειρίσεων με εξαίρεση το μάρτυρα. Η ανωτερότητα της υπόγειας στάγδην άρδευσης διατηρήθηκε και στη συγκεκριμένη χρονική περίοδο έναντι των υπολοίπων μεταχειρίσεων, ενώ στατιστικά σημαντική παρέμεινε η διαφοροποίηση μεταξύ των μέσων όρων χλωρής βιομάζας της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων και των επαναλήψεων που αρδεύτηκαν με σταγόνα επιφανειακά στο 80% των απαιτήσεων σε νερό.

Οι αρνητικοί ρυθμοί παραγωγικότητας (βλέπε διάγραμμα 7.6.3), οι οποίοι βέβαια οφείλονται στη γήρανση της καλλιέργειας, ήταν στις υπόγειες στάγδην $-0,87 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, στις επιφανειακές στο 100% των απαιτήσεων $-0,90 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων $-0,19 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, και είχαν ως αποτέλεσμα την μείωση των τελικών αποδόσεων αλλά και των διαφοροποιήσεων μεταξύ των επαναλήψεων που αρδεύτηκαν ποικιλοτρόπως, λόγω και της μειωμένης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας και της αυξημένης αναπνοής συντήρησης των μηνών Οκτωβρίου – Νοεμβρίου. Εξάιρεση αποτελεί ο μάρτυρας (χωρίς άρδευση) του οποίου οι ρυθμοί παραγωγικότητας παρέμειναν θετικοί ($0,03 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$) καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου από 22/9 έως και 7/10. Η εξήγηση που δίνεται ήταν ότι οι επαναλήψεις που δεν αρδεύτηκαν καθόλου καθυστέρησαν σημαντικά την ανάπτυξή τους με αποτέλεσμα να διαθέτουν επιπλέον αποθέματα για αναπτυξιακή δραστηριότητα, ενώ στις υπόλοιπες αρδευόμενες μεταχειρίσεις η αντίδραση στην

επάρκεια νερού και θρεπτικών στοιχείων ήταν άμεση. Με άλλα λόγια ήταν σαφής η επιτάχυνση της αναπτυξιακής διαδικασίας των φυτών που αρδεύτηκαν ποικιλοτρόπως και ειδικότερα των υπόγειων στάγδην επαναλήψεων, λόγω και της άμεσης διοχέτευσης του αρδευτικού νερού στο ενεργό κομμάτι του ριζοστρώματος. Πάντως η τελική αυτή αύξηση στις επαναλήψεις του μάρτυρα δεν ήταν σημαντική χρονικά και ποσοτικά ώστε να δικαιολογεί οικονομικά μία επιπλέον κοπή. Κρίνεται επομένως απαραίτητη η διερεύνηση του βέλτιστου χρόνου εγκατάστασης, διάρκειας άρδευσης και συγκομιδής της καλλιέργειας του γλυκού σόργου με σκοπό τη μεγιστοποίηση των αποδόσεων για τα Ελληνικά δεδομένα. Η αναλογία βαρών βλαστών – φύλλων αυξήθηκε τη συγκεκριμένη περίοδο και άγγιξε στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις το 1/10 και στις επαναλήψεις του μάρτυρα το 1/4, λόγω μαρασμού των φύλλων, όπως άλλωστε καταγράφηκε και από τις μεταβολές του δείκτη φυλλικής επιφάνειας.

Πρέπει επίσης να τονιστεί ιδιαίτερα σε αυτό το σημείο ότι παρατηρήθηκε σε ποσοστό 5 – 10% πλάγιασμα της καλλιέργειας, στο σύνολο των μεταχειρίσεων, έως και τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου, σε αντίθεση όμως με προηγούμενες μελέτες (Dercas et al., 1995) που έδιναν για τη συγκεκριμένη ποικιλία Keller του γλυκού σόργου ποσοστά έως και 33%. Η σημαντική αυτή διαφορά προήλθε κυρίως εξαιτίας του ελέγχου της άρδευσης (μετρήσεις εδαφικής υγρασίας – συχνές και μικρές δόσεις) και την αποτροπή της υπεράρδευσης η οποία ευθύνεται για την γρήγορη ωρίμανση και κατά συνέπεια για το πλάγιασμα της καλλιέργειας του γλυκού σόργου.

Εκτιμώντας τους ρυθμούς της παραγωγικής διαδικασίας, όπως αυτή αποτυπώθηκε με τη μέθοδο της γεωστατιστικής τόσο στο επίπεδο όσο και στο χώρο (βλ. παράρτημα – αποτύπωση χλωρής βιομάζας με τη μέθοδο της γεωστατιστικής έτους 2005), παρατηρήθηκε, υπεροχή των κεντρικών σειρών των αρδευόμενων πειραματικών στο σύνολο τους, ενώ αντίθετα η νοτιοανατολική τοποθέτηση των φυτών δεν έτυχε υψηλότερων παραγωγικών τιμών.

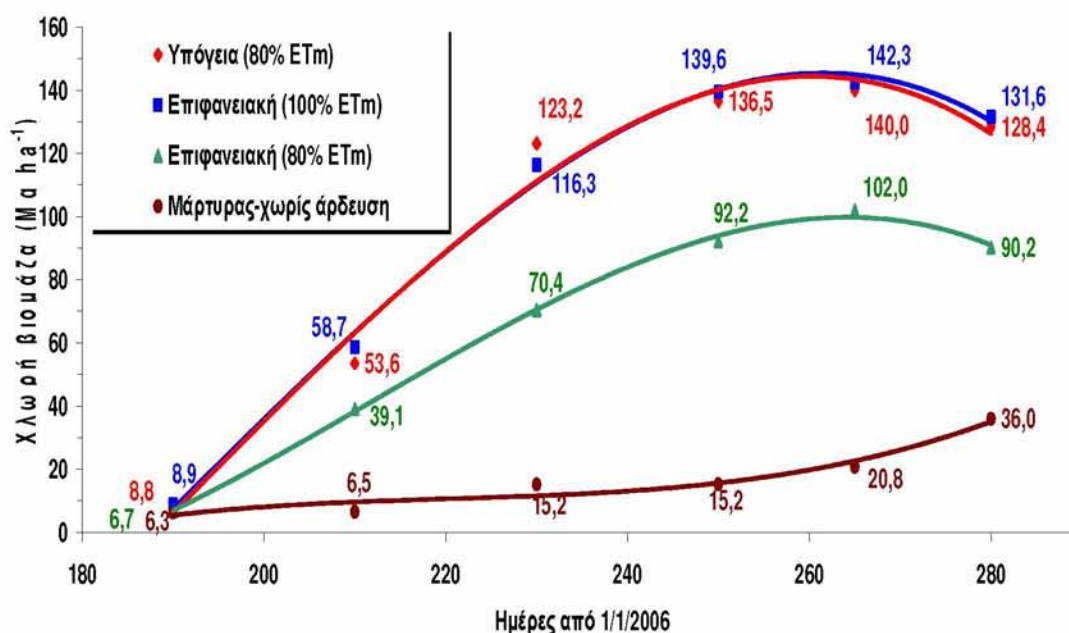
Οι διαφοροποιήσεις που παρατηρήθηκαν μεταξύ των αναπτυξιακών και των παραγωγικών δεικτών, με τη μέθοδο της γεωστατιστικής, οφείλονται στις μεταβολές των μετρίσιμων υποσυνόλων. Οι εκτιμήσεις των αναπτυξιακών δεικτών, λόγω της μορφής των υποσυνόλων τους, ήταν όντως αντιπροσωπευτικότερες της εξέλιξης της καλλιέργειας, σε αντίθεση με τα υποσύνολα των παραγωγικών δεικτών τα όποια είχαν πεπερασμένη – αλλοιωμένη μορφή (κοπές – αλλαγή δείγματος).

Έχοντας πλέον διανύσει 150 ημέρες από τη σπορά, με σταθερά πλέον αρνητικούς ρυθμούς παραγωγικότητας για το σύνολο των μεταχειρίσεων, με εξαίρεση το μάρτυρα, κρίθηκε ως μη απαραίτητη η περαιτέρω διερεύνηση της εξέλιξης της χλωρής βιομάζας των μεταχειρίσεων.

7.15.3 Χλωρή βιομάζα φυτών πρώιμης σποράς έτους 2006

7.15.3.1 Γενικά

Στο διάγραμμα 7.6.4 αποτυπώνεται η εξέλιξη της χλωρής βιομάζας των βλαστών των φυτών για το σύνολο των μεταχειρίσεων για το έτος 2006.



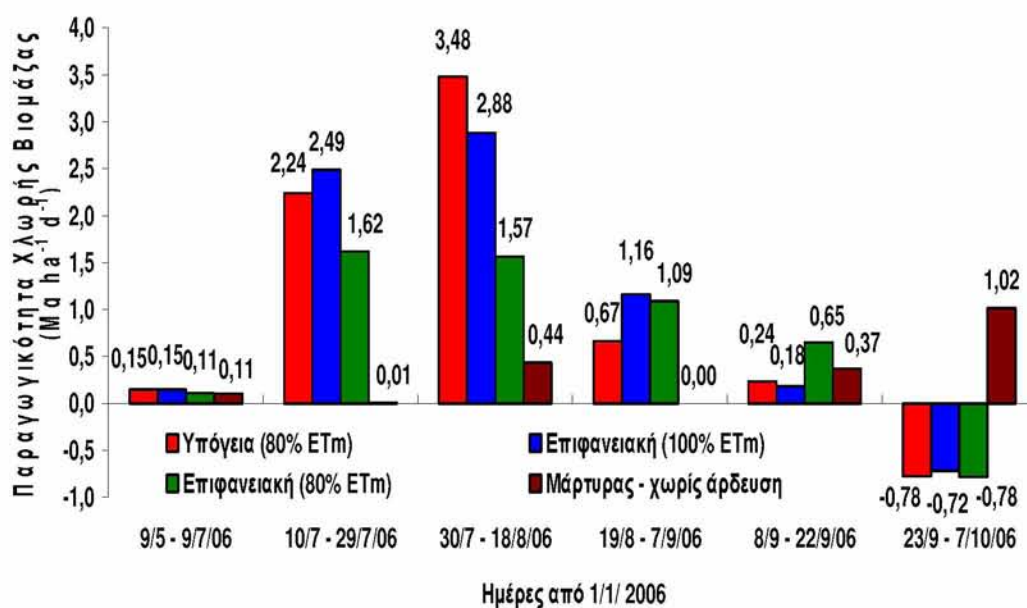
Διάγραμμα 7.6.4: Εξέλιξη της χλωρής βιομάζας των βλαστών της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων κατά το έτος 2006 (πρώιμη σπορά).

Παράλληλα, στο διάγραμμα 7.6.5 παρουσιάζεται η παραγωγικότητα σε χλωρή βιομάζα των βλαστών του συνόλου των μεταχειρίσεων για το έτος 2006.

Σύμφωνα και με τα αποτελέσματα που προηγήθηκαν (κλιματικά δεδομένα, ύψος, δείκτης φυλλικής επιφάνειας), το έτος 2006 αποτέλεσε εξαίρεση μεταξύ των ετών πραγματοποίησης της έρευνας. Οι ευεργετικές βροχοπτώσεις του Ιουνίου και Σεπτεμβρίου, συνεπικουρούμενες από τις ήπιες ημερήσιες θερμοκρασίες, δημιούργησαν ένα θετικό περιβάλλον για την αύξηση των αποδόσεων στις μεταχειρίσεις της επιφανειακής στάγδην άρδευσης και του μάρτυρα.

Ειδικότερα, και μετά την ολοκλήρωση των δύο πρώτων μηνών (60 ημέρες) από τη σπορά (9/7/2006), η υπόγεια στάγδην και η επιφανειακή στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό υπερέιχαν στατιστικώς, σε επίπεδο σημαντικότητας 95% επί του συνόλου των μετρήσεων, της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα (χωρίς άρδευση). Οι μέσες τιμές παραγωγής ήταν 8,79 Mg ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, 8,86 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, 6,82 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στο 80% των

απαιτήσεων σε νερό, και 6,31 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Οι μικρές αυτές μειώσεις που παρατηρήθηκαν τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο, σε σχέση με το 2005, στους μέσους όρους παραγωγής, προέκυψαν κυρίως εξαιτίας των μειωμένων βροχοπτώσεων του πρώτου και του δεύτερου δεκαημέρου του Μαΐου. Επομένως, και ενώ ο διαχωρισμός της άρδευσης το 2005 πραγματοποιήθηκε στα μέσα Ιουνίου, αντίθετα το 2006 η ανάπτυξη των φυτών υποβοηθήθηκε με επιπλέον ποσά αρδευτικού νερού, ήδη από τα μέσα Μαΐου, αλλά σε καμία περίπτωση δεν υποκατέστησε η άρδευση την ευεργετική επίδραση της βροχόπτωσης. Παράλληλα τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η αναλογία βάρους βλαστών προς τα φύλλα ήταν περίπου 1/1. Αντίστοιχα, οι ρυθμοί παραγωγικότητας ήταν, στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις και στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων 0,15 Mg ha⁻¹ d⁻¹, και ακολούθησαν οι επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων με 0,11 Mg ha⁻¹ d⁻¹, και οι επαναλήψεις του μάρτυρα με 0,11 Mg ha⁻¹ d⁻¹.



Διάγραμμα 7.6.5: Παραγωγικότητα χλωρής βιομάζας των βλαστών των μεταχειρίσεων του έτους 2006 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

Με τη συμπλήρωση 80 ημερών από τη σπορά παρατηρήθηκαν μικρές αλλά σημαντικές, σε σχέση και με τη προηγούμενη περίοδο μέτρησης, διαφορές στην υπεροχή μεταξύ των μεταχειρίσεων, σύμφωνα και με τη στατιστική επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε. Έτσι, εμφανίστηκε για πρώτη φορά μία ισχνή ανωτερότητα της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό σε σχέση με την υπόγεια στάγδην άρδευση. Οι μέσες τιμές παραγωγής δεν απείχαν σημαντικά από τις αντίστοιχες του 2005, με εξαίρεση το μάρτυρα, και ήταν 53,56 Mg ha⁻¹ στις υπόγειες

στάγδην επαναλήψεις, $58,65 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, $39,10 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και $6,51 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Παράλληλα τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η αναλογία βάρους βλαστών προς τα φύλλα στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις ήταν ελαφρώς μεγαλύτερη του 1/5, ενώ στις επαναλήψεις του μάρτυρα παρέμεινε στα ίδια με τη προηγούμενη περίοδο επίπεδα του 1/1. Ο λόγος της καθυστέρησης των επαναλήψεων του μάρτυρα, στην αύξηση του βάρους των βλαστών, οφείλεται στο γεγονός ότι οι συγκεκριμένες επαναλήψεις δεν έτυχαν, σύμφωνα και με τη φύση της έρευνας, επιπλέον βοήθειας από τη χορήγηση ποσοτήτων αρδευτικού νερού, όπως έγινε με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Αντίστοιχα παρατηρήθηκε, τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης, σχετική αύξηση των ρυθμών παραγωγικότητας στις επιφανειακές στάγδην μεταχειρίσεις, σε σχέση με την αντίστοιχη περίοδο του 2005, και παράλληλα υποβάθμιση των αντίστοιχων της υπόγειας στάγδην άρδευσης και του μάρτυρα. Οι αντίστοιχοι λοιπόν ρυθμοί παραγωγικότητας στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων ήταν $2,49 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης $2,24 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων $1,62 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ (μέγιστο έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης), και στις επαναλήψεις του μάρτυρα, υποτυπώδεις, $0,01 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$.

Η περίοδος από τα τέλη Ιουλίου έως και το δεύτερο δεκαήμερο του Αυγούστου (συμπλήρωση 100 ημερών από τη σπορά), ανέδειξε τους υψηλότερους δείκτες παραγωγικότητας στο σύνολο των ετών διεξαγωγής του πειράματος. Παρατηρήθηκαν λοιπόν ανώτατες τιμές παραγωγικότητας της τάξης των $3,48 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις (ανώτερη τιμή όλων των ετών και μεταχειρίσεων) ή αλλιώς 348 κιλά αύξηση σε χλωρή βιομάζα βλαστών καθημερινά, $2,88 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό (μέγιστο όλων των ετών της συγκεκριμένης μεταχείρισης), $1,57 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και $0,44 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Οι μέσες τιμές παραγωγής τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης, ήταν $123,17 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, $116,30 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, $70,42 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και $15,20 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η αναλογία βάρους βλαστών προς τα φύλλα στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις ήταν ελαφρώς μεγαλύτερη του 1/5, ενώ στις επαναλήψεις του μάρτυρα ξεπέρασε το 1/3, σαφώς βελτιωμένη υπέρ των βλαστών. Ενώ λοιπόν οι ηπιότερες θερμοκρασίες και η μειωμένη επιφανειακή εξάτμιση παράλληλα με τη χορήγηση των αναγκαίων ποσοτήτων αρδευτικού νερού, οδήγησαν σε σημαντική αύξηση των αποδόσεων σε χλωρή βιομάζα στις επιφανειακές στάγδην μεταχειρίσεις και στο μάρτυρα (χωρίς τον παράγοντα άρδευση), μεγάλη έκπληξη αποτέλεσαν οι τιμές παραγωγικότητας στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις.

Η άμεση διοχέτευση του αρδευτικού νερού στο τμήμα του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών, η οποία επιτεύχθηκε με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης, με τη ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση των απωλειών λόγω εξάτμισης, καθώς επίσης και στη διατήρηση ικανοποιητικών τιμών εδαφικής υγρασίας (υδατοϊκανότητα) μετά το πέρας της κάθε εφαρμογής και για ένα μεγάλο σχετικά χρονικό διάστημα (2 – 3 ημέρες μετά την άρδευση) για το συγκεκριμένο τμήμα της εδαφικής κατατομής των 30 – 60 cm, είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση των αποδόσεων σε χλωρή βιομάζα, ειδικότερα στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, αναδεικνύοντας το υψηλό ενεργειακό δυναμικό της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για τα δεδομένα του Μεσογειακού κλίματος.

Το φαινόμενο και η αναγκαιότητα χρήσης της υπόγειας στάγδην άρδευσης για την ικανοποίηση των διατροφικών αναγκών της φυτείας εξηγείται με τις θεωρίες της μαζικής ροής (mass flow) και διάχυσης (diffusion). Συγκεκριμένα τα φυτά σαν αποτέλεσμα της εξάτμισοδιαπνοής απορροφούν από το έδαφος νερό και μαζί με αυτό διάφορα θρεπτικά συστατικά. Η πρόσληψη του νερού από τις ρίζες δημιουργεί μείωση του υδατικού δυναμικού κοντά στο ενεργό κομμάτι του ριζοστρώματος και επομένως για την αποκατάσταση της ισορροπίας το αρδευτικό νερό κινείται προς την κατεύθυνση των ριζών μεταφέροντας μαζί του και τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία που βρίσκονται στο εδαφικό διάλυμα με τη μορφή ιόντων (Μήτσιος, 2001).

Όσον αφορά βέβαια τη διάχυση (η οποία αφορά κυρίως τη μετακίνηση του Καλίου), όπως αναφέρει άλλωστε και ο Nye (1981), αυτή εξαρτάται από την υγρασία του εδάφους.

$$D = D_1 \cdot \theta \cdot f_1 \cdot \frac{dC_1}{dC} \quad (7.1)$$

Όπου:

D: είναι ο συντελεστής διάχυσης του ιόντος στο εδαφικό διάλυμα ($\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$),

D_1 : είναι ο συντελεστής διάχυσης του ιόντος στο ελεύθερο διάλυμα ($\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$),

θ : είναι η υγρασία του εδάφους ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$),

f_1 : είναι ένας παράγοντας που αναφέρεται στη δαιδαλώδη και ελικοειδή διαδρομή του ιόντος εξαιτίας των εδαφικών πόρων,

και dC_1/dC : είναι ο αντίστροφος λόγος της ρυθμιστικής δύναμης του εδάφους.

Έχει λοιπόν τεράστια σημασία η διατήρηση ικανοποιητικών τιμών εδαφικής υγρασίας (υδατοϊκανότητα) στο ενεργό κομμάτι του ριζοστρώματος, κάτι βέβαια που δεν δύναται να επιτευχθεί τουλάχιστον μέχρι σήμερα με καμία άλλη μέθοδο άρδευσης πλην της υπόγειας στάγδην, και τούτο διότι με τις άλλες μεθόδους και ειδικότερα τις επιφανειακές στάγδην απαιτείται υπερβολική σπατάλη αρδευτικού νερού (υψηλή επιφανειακή εξάτμιση), ειδικότερα σε βαριάς σύστασης εδάφη.

Τέλος οι τιμές παραγωγικότητας θεωρούνται αντίστοιχα υψηλές σε σχέση με αποδόσεις που έχουν καταγραφεί στο παρελθόν (Panoutsou, 2000 ; Sakellariou – Makrantonaki et al., 2003 ; Sakellariou – Makrantonaki et al., 2005 ; Sakellariou – Makrantonaki et al., 2006) και μάλιστα απουσία λιπαντικής αγωγής καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Σημαντική μείωση των τιμών παραγωγικότητας παρουσιάστηκε στο σύνολο των μεταχειρίσεων, και ειδικότερα στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης, την επόμενη περίοδο μέτρησης από το τελευταίο δεκαήμερο του Αυγούστου έως και τα τέλη του πρώτου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου και με τη συμπλήρωση 120 ημερών από τη σπορά. Οι δείκτες παραγωγικότητας διακυμάνθηκαν από $0,00 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα, σε $0,67 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, σε $1,09 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων, έως και $1,16 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 100% των απαιτήσεων. Οι μέσες τιμές παραγωγής, ήταν $136,50 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, $139,58 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, $92,19 \text{ Mg ha}^{-1}$, στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και $15,22 \text{ Mg ha}^{-1}$, στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Παράλληλα τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η αναλογία βάρους βλαστών προς τα φύλλα κυμάνθηκε σε αναλογία σχεδόν 1/6 στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις και σε 1/3 στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Η μεγάλη αυτή μείωση, ειδικότερα στις υπόγειες επαναλήψεις, προέκυψε λόγω της εξάντλησης των θρεπτικών στοιχείων στα βαθύτερα κυρίως στρώματα του εδάφους αλλά και στην είσοδο της καλλιέργειας στο στάδιο της τελικής ωρίμανσης. Η μείωση της παραγωγικότητας των επαναλήψεων του μάρτυρα έγινε λόγω των ξηροθερμικών συνθηκών της περιόδου που οδήγησαν σε αναστολή της ανάπτυξης (λήθαργος).

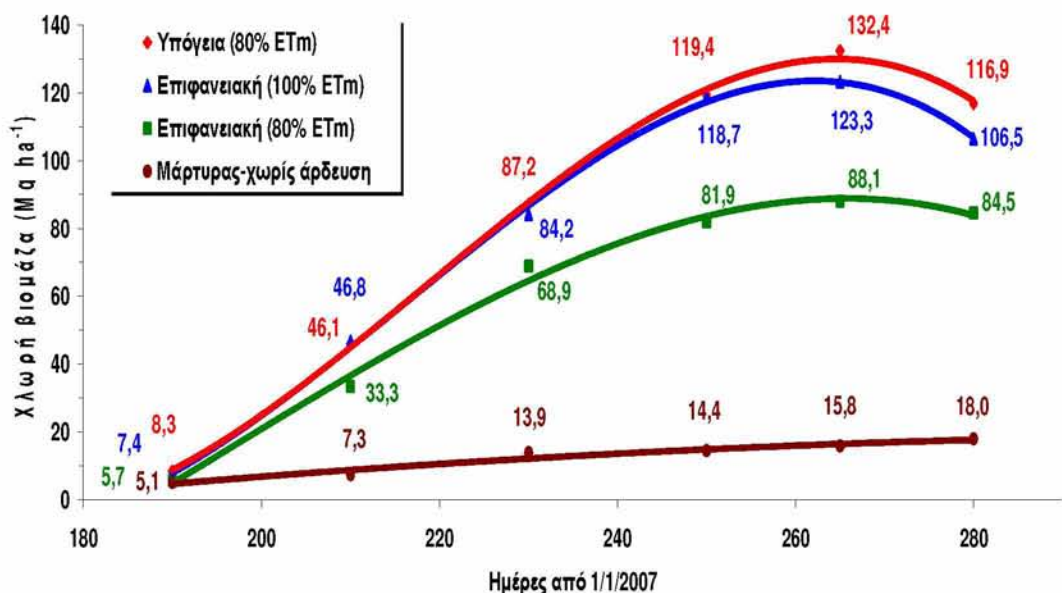
Συμπληρώνοντας 135 ημέρες από τη σπορά, στις αρχές του τελευταίου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου, παρατηρήθηκαν και οι μέγιστες τιμές σε μέσους όρους χλωρής βιομάζας του έτους στο σύνολο των μεταχειρίσεων με εξαίρεση το μάρτυρα. Οι αποδόσεις αυτές κυμάνθηκαν από $20,80 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα, σε $101,96 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό (μέγιστο όλων των ετών της συγκεκριμένης μεταχείρισης), σε $140,04 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης, και σε $142,32 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό (μέγιστο όλων των ετών της συγκεκριμένης μεταχείρισης). Τα στοιχεία ανέδειξαν σαφή υπεροχή της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων και της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι των υπολοίπων μεταχειρίσεων. Οι ρυθμοί παραγωγικότητας έλαβαν τη συγκεκριμένη περίοδο τις ελάχιστες θετικές τιμές του έτους με εξαίρεση το μάρτυρα. Συγκεκριμένα, οι ρυθμοί παραγωγικότητας σε χλωρή βιομάζα ήταν $0,65 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων και ακολούθησαν οι επαναλήψεις του μάρτυρα με $0,37 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, οι υπόγειες στάγδην επαναλήψεις με $0,24 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, και οι επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των

απαιτήσεων με $0,18 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Οι αναλογίες βάρους βλαστών και φύλλων δεν μεταβλήθηκαν, καθώς οι ρυθμοί ανάπτυξης του δείκτη φυλλικής επιφάνειας παρέμειναν θετικοί, και τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Παρατηρήθηκε όμως σαφή αύξηση της αναλογίας υπέρ των βλαστών στις επαναλήψεις του μάρτυρα, καθώς οι βροχοπτώσεις στις αρχές Σεπτεμβρίου "ξύπνησαν" τα φυτά της μεταχείρισης από το λήθαργο στον οποίο είχαν περιέλθει τη προηγούμενη χρονική περίοδο.

Από τα τέλη Σεπτεμβρίου έως και τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου έκαναν την εμφάνισή τους αρνητικοί ρυθμοί ανάπτυξης και παραγωγικότητας στο σύνολο των μεταχειρίσεων με εξαίρεση το μάρτυρα. Οι αρνητικοί ρυθμοί παραγωγικότητας (βλέπε διάγραμμα 7.6.5), οι οποίοι βέβαια προέκυψαν λόγω της γήρανσης της καλλιέργειας, ήταν στις υπόγειες στάγδην $-0,78 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, στις επιφανειακές στο 100% των απαιτήσεων $-0,72 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, και στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων $-0,78 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, και ως αποτέλεσμα είχαν την συνολική μείωση των τελικών αποδόσεων των επαναλήψεων που αρδεύτηκαν ποικιλοτρόπως, λόγω και της μειωμένης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας και της αυξημένης αναπνοής συντήρησης των μηνών Οκτωβρίου – Νοεμβρίου. Εξαίρεση αποτέλεσε ο μάρτυρας (χωρίς άρδευση) του οποίου ο ρυθμός παραγωγικότητας παρέμεινε θετικός, λαμβάνοντας την ανώτερη τιμή που παρατηρήθηκε ποτέ στη συγκεκριμένη μεταχείριση, σε έτος διεξαγωγής του πειράματος για τη πρώιμη σπορά ($1,02 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$). Η εξήγηση που δίνεται ήταν ότι οι επαναλήψεις που δεν αρδεύτηκαν καθόλου καθυστέρησαν σημαντικά την ανάπτυξή τους με αποτέλεσμα να διαθέτουν επιπλέον αποθέματα για αναπτυξιακή δραστηριότητα, οι οποίες και ενισχύθηκαν από τις άκαιρες βροχοπτώσεις των μηνών Σεπτεμβρίου και Οκτωβρίου. Αυτός άλλωστε είναι και ο σημαντικότερος λόγος που έχει αποδοθεί στη συγκεκριμένη καλλιέργεια το προσωνύμιο «φυτό καμήλα». Το εκτενές ριζικό του σύστημα, που τις περισσότερες φορές καταλήγει σε διπλάσιο βάθος από αυτό του αραβοσίτου, η παχιά αδιαπέραστη εφυμενίδα των φύλλων και του βλαστού του και η ικανότητα να "πέφτει" σε κατάσταση λήθαργου όταν επικρατούν ξηροθερμικές συνθήκες, οδήγησαν τις επαναλήψεις του μάρτυρα να επιτύχουν, τη συγκεκριμένη περίοδο, υψηλές μέσες αποδόσεις σε χλωρή βιομάζα της τάξης των $36,02 \text{ Mg ha}^{-1}$ (μέγιστο όλων των ετών μελέτης της μεταχείρισης για τη πρώιμη σπορά). Πιθανόν η εξέλιξη της συγκεκριμένης μεταχείρισης του μάρτυρα να δικαιολογούσε οικονομικά μία επιπλέον συγκομιδή. Τέλος, και έχοντας πλέον ολοκληρωθεί 150 ημέρες από τη σπορά της καλλιέργειας, δεν παρατηρήθηκε μεγαλύτερο από 10% ποσοστό πλαγιάσματος της καλλιέργειας. Το ποσοστό αυτό ήταν σαφώς μικρότερο κατά την περίοδο της μέγιστης απόδοσης σε χλωρή βιομάζα βλαστών στις αρχές του τελευταίου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου.

Εκτιμώντας τους ρυθμούς της παραγωγικής διαδικασίας, όπως αυτή αποτυπώθηκε με τη μέθοδο της γεωστατιστικής τόσο στο επίπεδο όσο και στο χώρο (βλ. παράρτημα – αποτύπωση χλωρής βιομάζας με τη μέθοδο της γεωστατιστικής

έτους 2006), παρατηρήθηκε, υπεροχή των κεντρικών σειρών των αρδευόμενων πειραματικών με νοτιοανατολική κατεύθυνση στο σύνολο τους, συμβαδίζοντας με τις αντίστοιχες αποτυπώσεις των αναπτυξιακών δεικτών. Η σύγκλιση αυτή των δεικτών, στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις, ήταν αποτέλεσμα της γενικότερης ομοιομορφίας της καλλιέργειας το έτος 2006. Αντίστοιχα με τη προηγούμενη χρονιά στις επαναλήψεις του μάρτυρα παρατηρήθηκε αυξημένη παραγωγική δραστηριότητα των ακραίων σειρών (1^{ης} και 6^{ης}), λόγω και της σχετικής επίδρασης αυτών από τις αντίστοιχες γραμμές άρδευσης των μεταχειρίσεων της επιφανειακής και υπόγειας στάθμης άρδευσης. Έχοντας αυτό ως δεδομένο, αποφασίστηκε η μείωση του αριθμού δειγματοληψιών από τις ακραίες σειρές των επαναλήψεων του μάρτυρα.



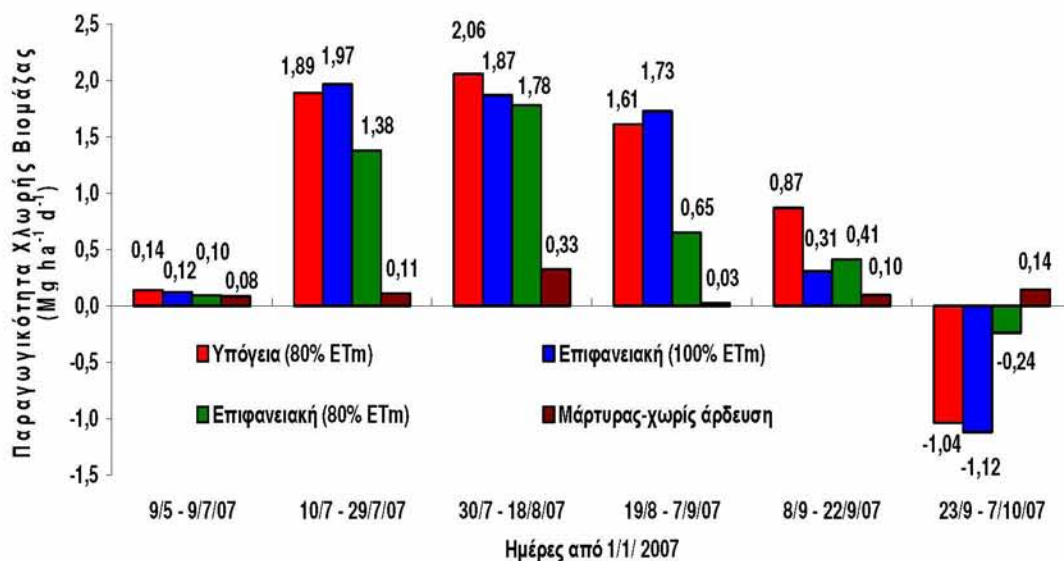
Διάγραμμα 7.6.6: Εξέλιξη της χλωρής βιομάζας των βλαστών της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων κατά το έτος 2007 (πρώιμη σπορά).

7.15.4 Χλωρή βιομάζα φυτών πρώιμης σποράς έτους 2007

7.15.4.1 Γενικά

Στο διάγραμμα 7.6.6 αποτυπώνεται η εξέλιξη της χλωρής βιομάζας των βλαστών των φυτών για το σύνολο των μεταχειρίσεων για το έτος 2007. Παράλληλα, στο διάγραμμα 7.6.7 παρουσιάζεται η παραγωγικότητα σε χλωρή βιομάζα των βλαστών του συνόλου των μεταχειρίσεων για το έτος 2007.

Οι ξηροθερμικές συνθήκες που επικράτησαν το 2007 σε συνδυασμό και με τη μείωση των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους, από τη τρίχρονη χρήση του εδάφους με τη βαθύρριξη καλλιέργεια του γλυκού σόργου, οδήγησαν σε σημαντική μείωση των παραγωγικών δεικτών, όπως παρουσιάζεται και στα διαγράμματα 7.6.6 και 7.6.7.



Διάγραμμα 7.6.7: Παραγωγικότητα χλωρής βιομάζας των βλαστών των μεταχειρίσεων του έτους 2007 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

Ειδικότερα, και μετά την ολοκλήρωση των δύο πρώτων μηνών (60 ημέρες) από τη σπορά (9/7/2007), η υπόγεια στάγδην και η επιφανειακή στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό υπερέιχαν στατιστικώς, σε επίπεδο σημαντικότητας 95% επί του συνόλου των μετρήσεων, της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα (χωρίς άρδευση). Οι μέσες τιμές παραγωγής ήταν $8,34 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, $7,42 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, $5,73 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και $5,05 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Οι μεταβολές στις μέσες παραγωγές χλωρής βιομάζας βλαστών, σε σχέση με τα προηγούμενα έτη διεξαγωγής του πειράματος, προέκυψαν λόγω της διαφορετικής αντίδρασης των αρδευομένων μεταχειρίσεων στο καθεστώς των μειωμένων θρεπτικών στοιχείων του εδάφους. Παρατηρήθηκε δηλαδή αρχικά, ανάλογη με το 2006 αλλά μειωμένη με το 2005, αύξηση των φυτών που αρδεύτηκαν με σταγόνα υπογείως, καθώς η εξάντληση των θρεπτικών στοιχείων στις συγκεκριμένες μεταχειρίσεις πραγματοποιήθηκε στα βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής (επάρκεια νερού – μαζική ροή, διάχυση). Αντίθετα στις υπόλοιπες επιφανειακές στάγδην μεταχειρίσεις η έλλειψη θρεπτικών στοιχείων στα ανώτερα στρώματα του εδάφους έκανε από νωρίς εμφανή τη παρουσία της, καθώς, σε αντίθεση με το 2006, οι βροχοπτώσεις του Μαΐου ήταν αρκετά ικανοποιητικές για την ανάπτυξη της φυτείας. Τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο μέτρησης η αναλογία βάρους βλαστών προς τα φύλλα ήταν περίπου 1/3 στο σύνολο των μεταχειρίσεων. Αντίστοιχα οι ρυθμοί παραγωγικότητας, από τη σπορά έως και τις 60 ημέρες της ανάπτυξης, ήταν στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις $0,14$

Mg ha⁻¹ d⁻¹ και ακολούθησαν οι επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό με 0,12 Mg ha⁻¹ d⁻¹, οι επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων με 0,10 Mg ha⁻¹ d⁻¹ και οι επαναλήψεις του μάρτυρα με 0,08 Mg ha⁻¹ d⁻¹.

Την αμέσως επόμενη περίοδο μέτρησης μέχρι και τα τέλη Ιουλίου, και με τη συμπλήρωση 80 ημερών από τη σπορά, παρατηρήθηκαν, στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις, σημαντικές, σε σχέση και με τα προηγούμενα έτη, μειώσεις στις μέσες παραγωγές χλωρής βιομάζας των βλαστών, σε ποσοστά που κυμάνθηκαν από 15 – 20%. Οι μέσες τιμές παραγωγής που μετρήθηκαν τη συγκεκριμένη περίοδο ήταν 46,06 Mg ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, 46,76 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, 33,31 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και 7,29 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Παράλληλα, τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης, η αναλογία βάρους βλαστών προς τα φύλλα στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις ήταν ελαφρώς μεγαλύτερη του 1/5, ενώ στις επαναλήψεις του μάρτυρα ήταν στο επίπεδο του 1/1. Ο λόγος της καθυστέρησης των επαναλήψεων του μάρτυρα, στην αύξηση του βάρους των βλαστών, ήταν διότι δεν αρδεύτηκε καθ' όλη τη καλλιεργητική περίοδο (με εξαίρεση τις βροχοπτώσεις και τη προφυτρωτική άρδευση). Οι αντίστοιχοι ρυθμοί παραγωγικότητας στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων ήταν 1,97 Mg ha⁻¹ d⁻¹ (μέγιστο έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης), στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης 1,89 Mg ha⁻¹ d⁻¹, στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων 1,38 Mg ha⁻¹ d⁻¹ και στις επαναλήψεις του μάρτυρα 0,11 Mg ha⁻¹ d⁻¹.

Η περίοδος από τα τέλη Ιουλίου έως και το δεύτερο δεκαήμερο του Αυγούστου (συμπλήρωση 100 ημερών από τη σπορά), ανέδειξε τους υψηλότερους δείκτες παραγωγικότητας στο σύνολο των μεταχειρίσεων. Παρατηρήθηκαν λοιπόν τιμές παραγωγικότητας της τάξης των 2,06 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις (ανώτερη τιμή έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης), 1,87 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, 1,78 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό (ανώτερη τιμή έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης), και 0,33 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα (ανώτερη τιμή έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης). Οι μέσες τιμές παραγωγής τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης, ήταν 87,19 Mg ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, 84,15 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό (μειωμένες σε σχέση με τα προηγούμενα έτη 27 – 30%), 68,88 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό (ελάχιστη μείωση σε σχέση με το 2006), και 13,87 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η αναλογία βάρους βλαστών προς τα φύλλα στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις ήταν ελαφρώς μεγαλύτερη του 1/6, ενώ στις επαναλήψεις του μάρτυρα ξεπέρασε το 1/3, σαφώς βελτιωμένη υπέρ των βλαστών. Η εξάντληση των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους, παράλληλα με τις έντονα άνυδρες ημέρες (υψηλές τιμές επιφανειακής εξάτμισης) των μηνών Ιουλίου – Αυγούστου, οδήγησαν στην καθολική μείωση των

παραγωγικών ρυθμών στις μεταχειρίσεις της υπόγειας στάγδην και της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό.

Σημαντική επίσης ήταν η μείωση των τιμών παραγωγικότητας, στο σύνολο των μεταχειρίσεων, την επόμενη περίοδο μέτρησης από το τελευταίο δεκαήμερο του Αυγούστου έως και τα τέλη του πρώτου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου και με τη συμπλήρωση 120 ημερών από τη σπορά. Οι δείκτες παραγωγικότητας διακυμάνθηκαν από $0,03 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα, σε $0,65 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων, σε $1,61 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, έως και $1,73 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 100% των απαιτήσεων. Οι μέσες τιμές παραγωγής, ήταν $119,38 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις (μειωμένη σε ποσοστό 12 – 17% σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια), $118,69 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό (μειωμένη σε ποσοστό 15% σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια), $81,91 \text{ Mg ha}^{-1}$, στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό (μειωμένη σε ποσοστό 7 – 11% σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια), και $14,36 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα (μειωμένη σε ποσοστό 5% σε σχέση με το 2006). Παράλληλα, τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης, η αναλογία βάρους βλαστών προς τα φύλλα κυμάνθηκε σε αναλογία σχεδόν 1/6 στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις και σε 1/3 στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Η μεγάλη αυτή μείωση, ειδικότερα στις υπόγειες επαναλήψεις, προήλθε από την εξάντληση των θρεπτικών στοιχείων στα βαθύτερα κυρίως στρώματα του εδάφους αλλά και από την είσοδο της καλλιέργειας στο στάδιο της τελικής ωρίμανσης. Η μείωση της παραγωγικότητας των επαναλήψεων του μάρτυρα έγινε λόγω των ξηροθερμικών συνθηκών της περιόδου που οδήγησαν σε αναστολή της ανάπτυξης (λήθαργος).

Συμπληρώνοντας 135 ημέρες από τη σπορά, στις αρχές του τελευταίου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου, παρατηρήθηκαν και οι μέγιστες τιμές σε μέσους όρους χλωρής βιομάζας του έτους στο σύνολο των μεταχειρίσεων με εξαίρεση το μάρτυρα. Οι αποδόσεις αυτές κυμάνθηκαν από $15,82 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα (μειωμένη σε σχέση με το 2006 κατά 24%), σε $88,09 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό (μειωμένη σε ποσοστό 7 – 14% σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια), σε $123,30 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό (μειωμένη σε ποσοστό 12 – 14% σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια), και σε $132,43 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης (μειωμένη σε ποσοστό 5 – 11% σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια). Τα στοιχεία μέτρησης ανέδειξαν σαφή υπεροχή της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι των υπολοίπων μεταχειρίσεων. Οι ρυθμοί παραγωγικότητας έλαβαν τη συγκεκριμένη περίοδο τις ελάχιστες θετικές τιμές του έτους με εξαίρεση το μάρτυρα. Συγκεκριμένα, οι ρυθμοί παραγωγικότητας ήταν, $0,87 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις και ακολούθησαν οι επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό με $0,41 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, οι επιφανειακές

στάγδην επαναλήψεις στο 100% των απαιτήσεων σε νερό με $0,31 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, και οι επαναλήψεις του μάρτυρα με $0,10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Οι αναλογίες βάρους βλαστών και φύλλων δεν μεταβλήθηκαν στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις, ενώ ανάκαμψη της αναλογίας υπέρ των βλαστών παρατηρήθηκε στις επαναλήψεις του μάρτυρα.

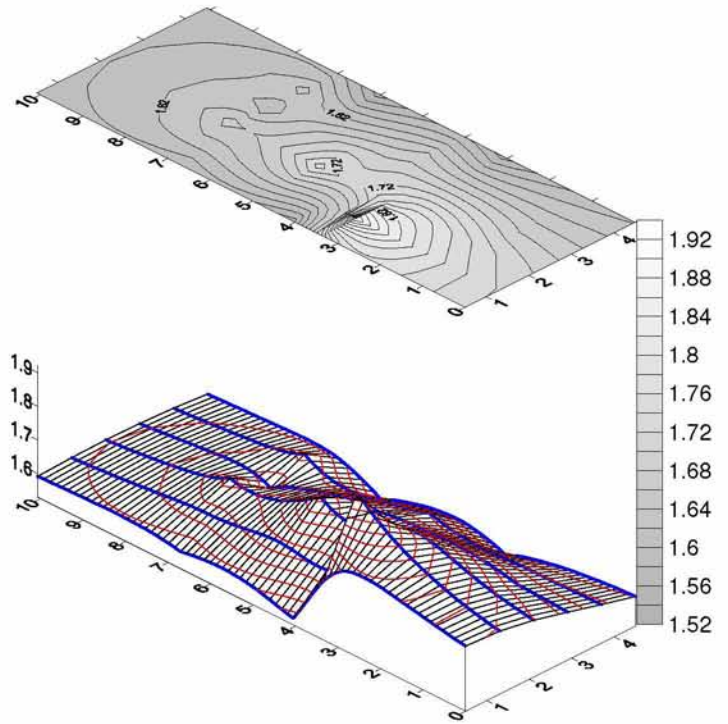
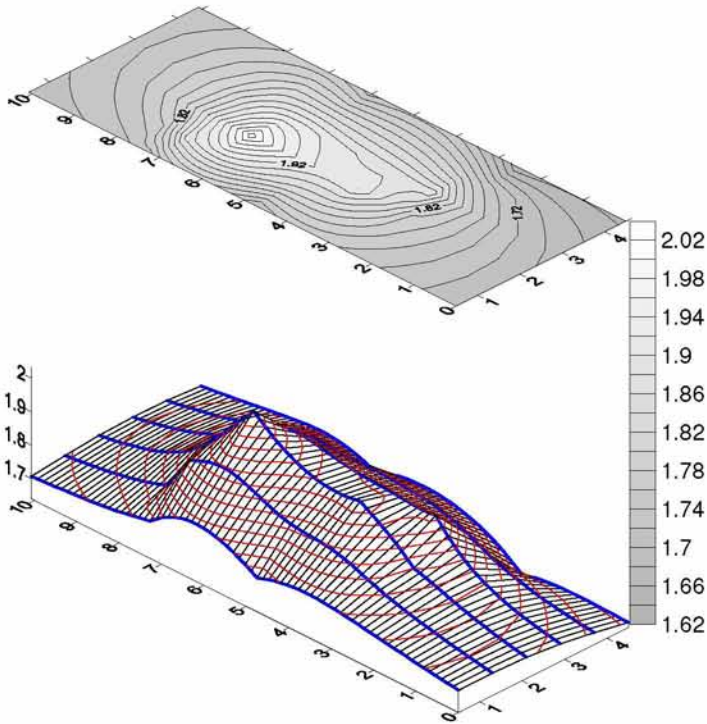
Από τα τέλη Σεπτεμβρίου έως και τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου έκαναν την εμφάνιση τους αρνητικοί ρυθμοί ανάπτυξης και παραγωγικότητας στο σύνολο των μεταχειρίσεων με εξαίρεση το μάρτυρα. Οι αρνητικοί ρυθμοί παραγωγικότητας, οι οποίοι βέβαια οφείλονται στη γήρανση της καλλιέργειας, ήταν στις υπόγειες στάγδην $-1,04 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, στις επιφανειακές στο 100% των απαιτήσεων $-1,12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, και στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων $-0,24 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, και ως αποτέλεσμα είχαν την συνολική μείωση των τελικών αποδόσεων των επαναλήψεων που αρδεύτηκαν ποικιλοτρόπως, λόγω και της μειωμένης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας και της αυξημένης αναπνοής συντήρησης των μηνών Οκτωβρίου – Νοεμβρίου. Εξαίρεση αποτελεί ο μάρτυρας (χωρίς άρδευση) του οποίου ο ρυθμός παραγωγικότητας παρέμεινε θετικός, λαμβάνοντας τη τιμή $0,14 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, αποδεικνύοντας για ακόμη μία φορά τη μεγάλη αντοχή της καλλιέργειας στις ξηροθερμικές συνθήκες της κεντρικής Ελλάδας. Η εξέλιξη του μάρτυρα δεν δύναται όμως να δικαιολογήσει οικονομικά, για το έτος 2007, μία επιπλέον συγκομιδή. Τέλος και έχοντας πλέον ολοκληρωθεί 150 ημέρες από τη σπορά της καλλιέργειας δεν παρατηρήθηκε μεγαλύτερο από 5% ποσοστό πλαγιάσματος της καλλιέργειας του γλυκού σόργου.

Εκτιμώντας τους ρυθμούς της παραγωγικής διαδικασίας, όπως αυτή αποτυπώθηκε με τη μέθοδο της γεωστατιστικής τόσο στο επίπεδο όσο και στο χώρο (βλ. παράρτημα – αποτύπωση χλωρής βιομάζας με τη μέθοδο της γεωστατιστικής έτους 2007), παρατηρήθηκε, υπεροχή των κεντρικών σειρών των αρδευόμενων πειραματικών με νοτιοανατολική κατεύθυνση στο σύνολο τους, συμβαδίζοντας με τις αντίστοιχες αποτυπώσεις των αναπτυξιακών δεικτών. Η σύγκλιση αυτή των αναπτυξιακών με τους παραγωγικούς δείκτες, στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις, ήταν αποτέλεσμα της αμφίπλευρης διοχέτευσης των κεντρικών σειρών της καλλιέργειας με αρδευτικό νερό. Αντίστοιχα με τις προηγούμενες χρονιές στις επαναλήψεις του μάρτυρα παρατηρήθηκε αυξημένη παραγωγική δραστηριότητα των ακραίων σειρών ($1^{ης}$ και $6^{ης}$), εξαιτίας της επίδρασης από τις αντίστοιχες γραμμές άρδευσης των μεταχειρίσεων της επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης, και παρότι η κενή απόσταση μεταξύ των πειραματικών ήταν 1,50 m.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΧΛΩΡΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ 22/9/2005 – ΔΕΙΓΜΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ

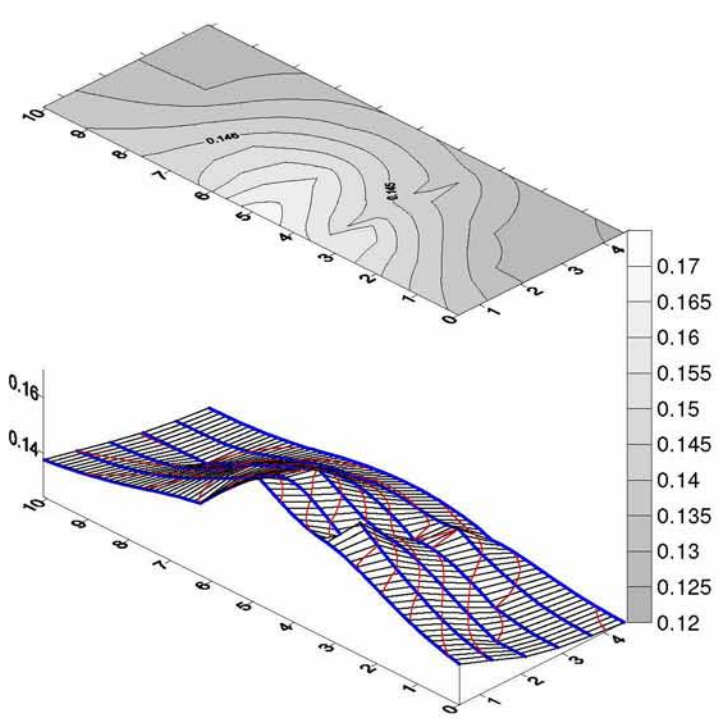
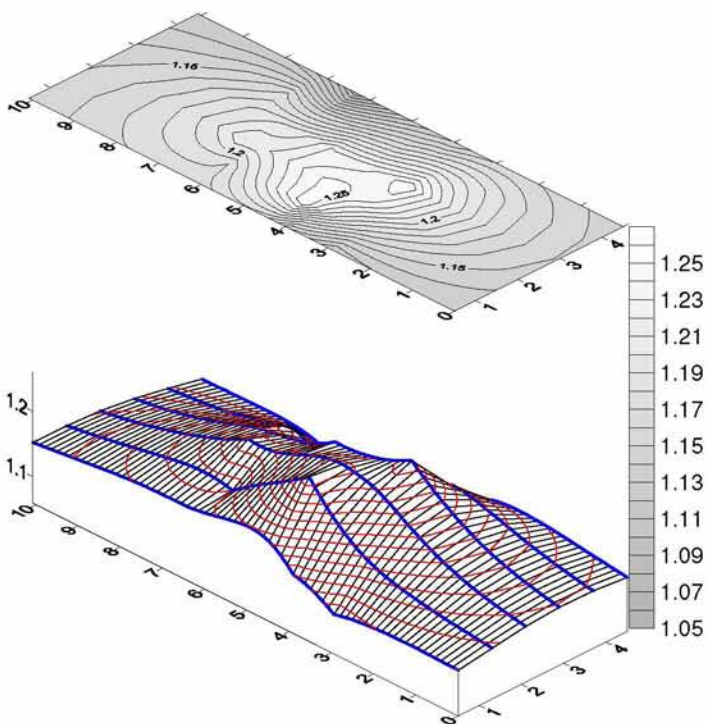
Υ12 – Επανάληψη Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm

Ε3 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 100%ETm



Ε2 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm

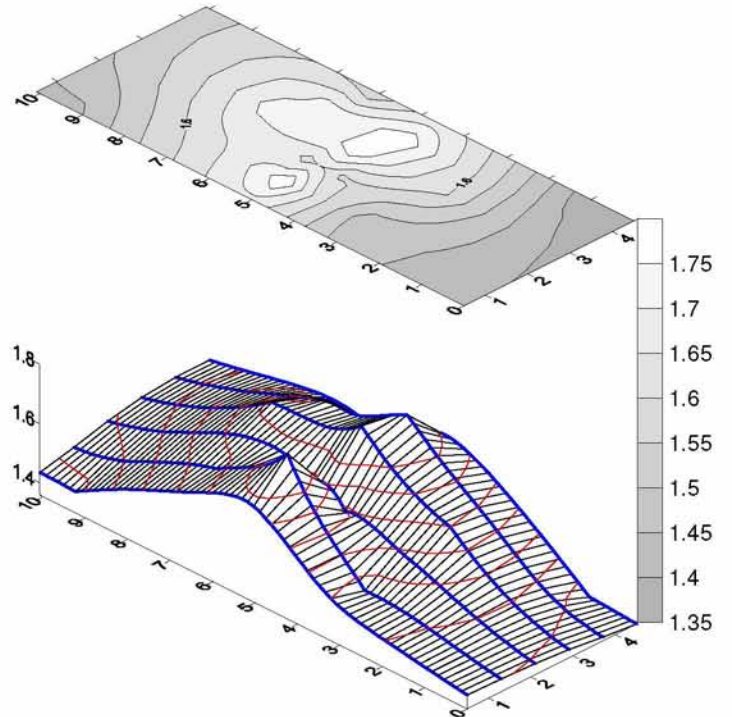
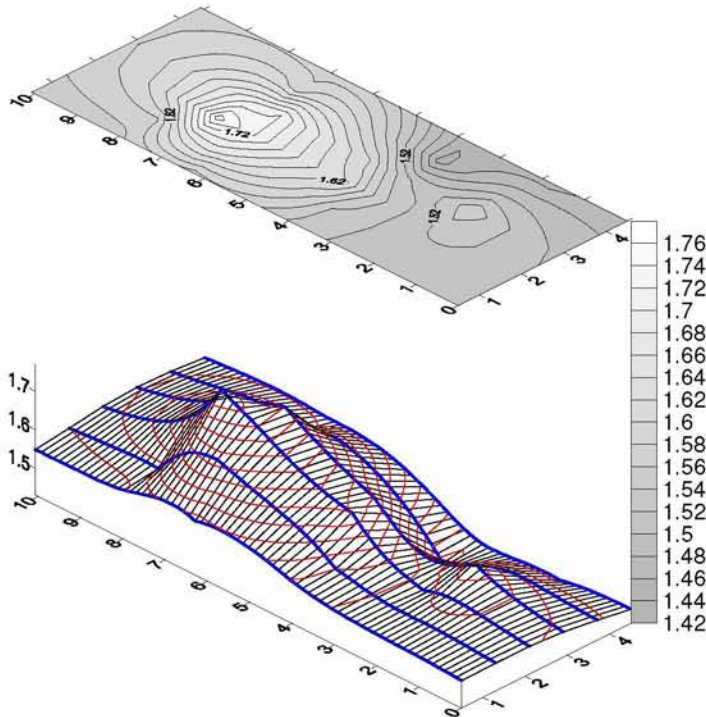
Μ4 – Επανάληψη Μάρτυρα – χωρίς άρδευση



ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΧΛΩΡΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ 22/9/2006 – ΔΕΙΓΜΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ

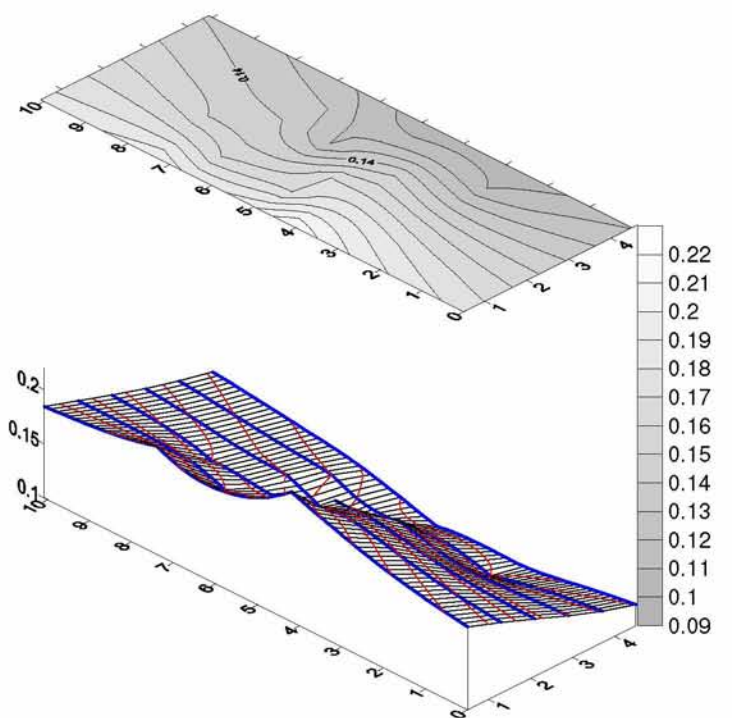
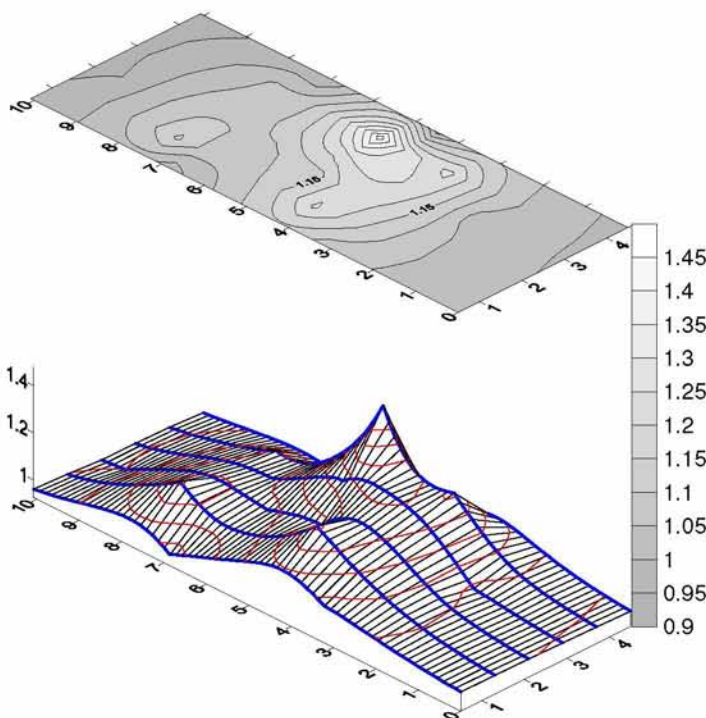
Υ12 – Επανάληψη Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm

Ε3 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 100%ETm



Ε2 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm

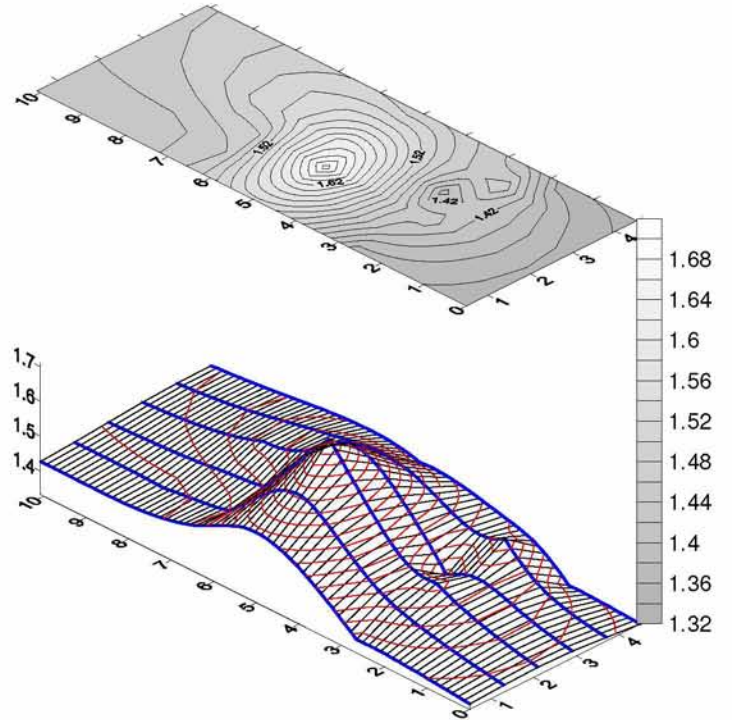
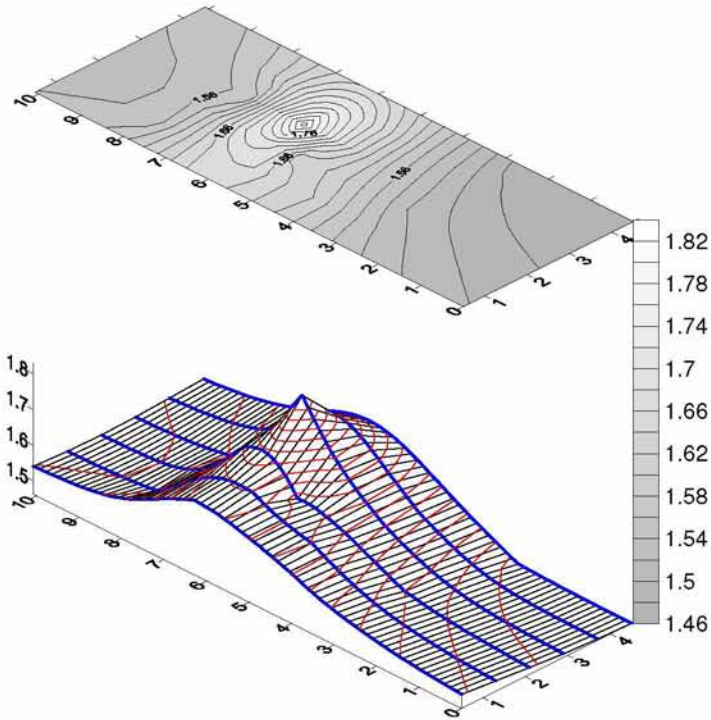
Μ4 – Επανάληψη Μάρτυρα – χωρίς άρδευση



ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΧΛΩΡΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ 22/9/2007 – ΔΕΙΓΜΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ

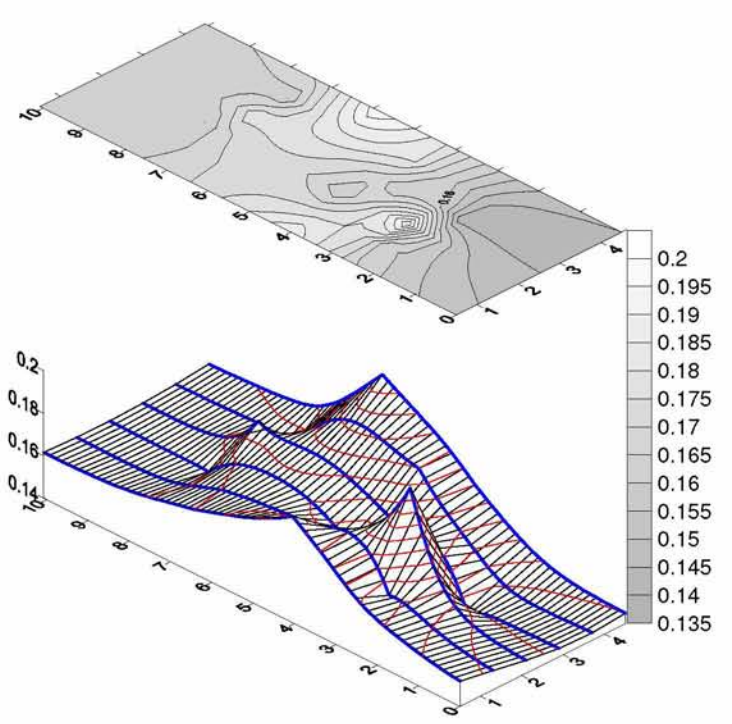
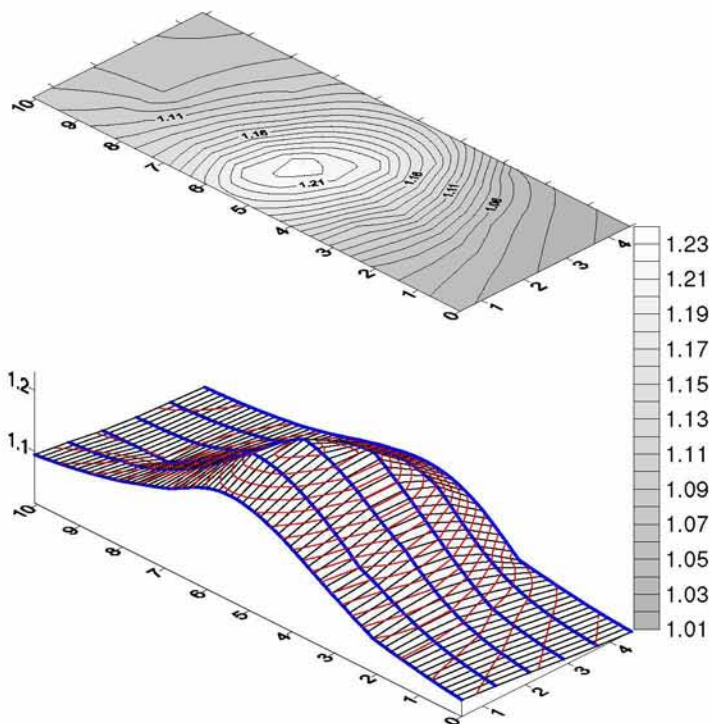
Υ12 – Επανάληψη Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm

E3 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 100%ETm



E2 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm

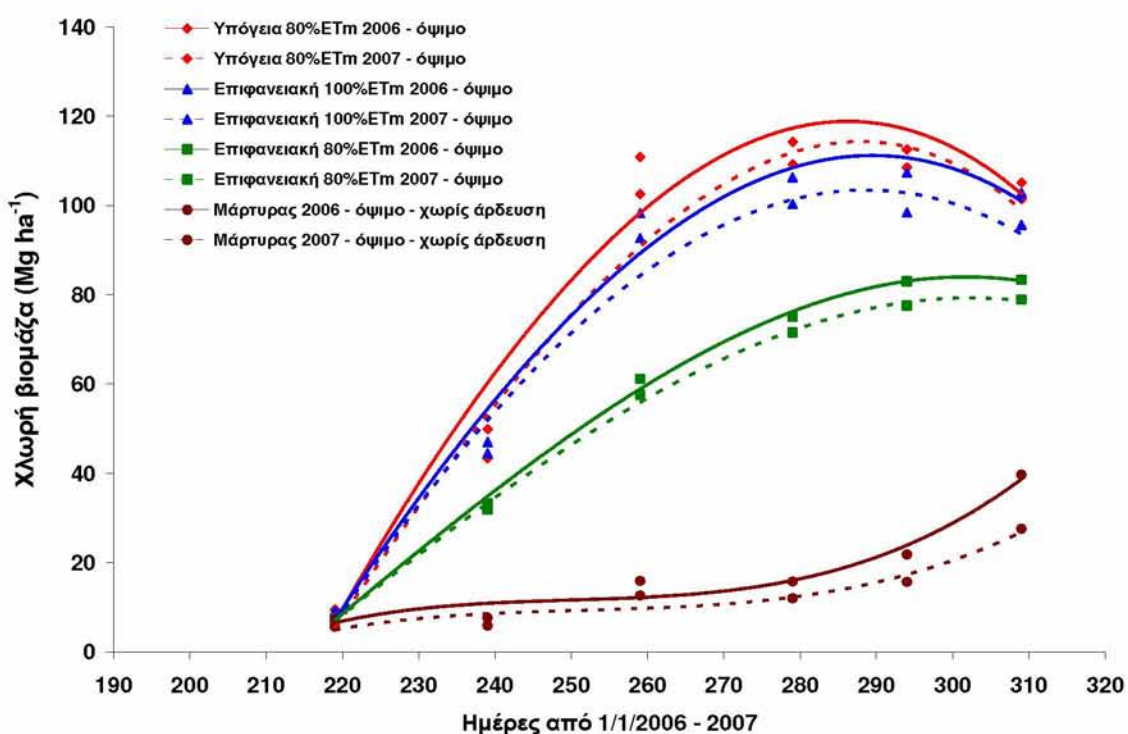
M4 – Επανάληψη Μάρτυρα – χωρίς άρδευση



7.16 Χλωρή βιομάζα – όψιμη σπορά

7.16.1 Γενικά

Η εξέλιξη της χλωρής βιομάζας των βλαστών των φυτών, της όψιμης σποράς, όλων των μεταχειρίσεων που έτυχαν διαφορετικής μεθοδολογίας άρδευσης καθώς επίσης και του μάρτυρα για το σύνολο των ετών διεξαγωγής του πειράματος, απεικονίζεται στο διάγραμμα 7.6.8.



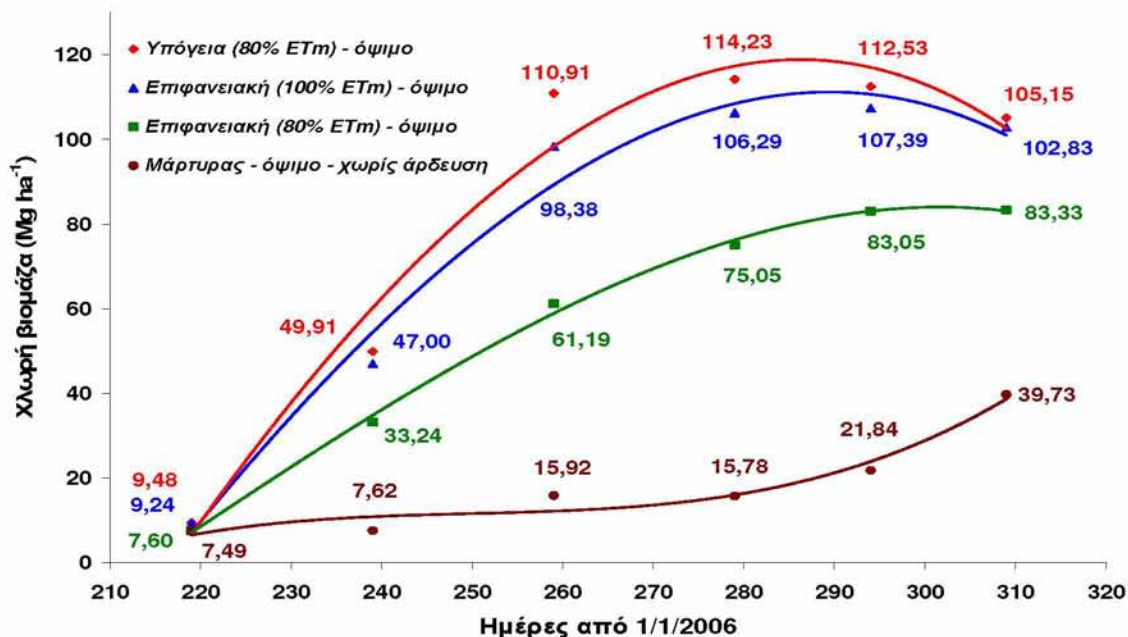
Διάγραμμα 7.6.8: Εξέλιξη της χλωρής βιομάζας των βλαστών της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων και των ετών διεξαγωγής του πειράματος στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο (όψιμη σπορά).

7.16.2 Χλωρή βιομάζα φυτών όψιμης σποράς έτους 2006

7.16.2.1 Γενικά

Στο διάγραμμα 7.6.9 αποτυπώνεται η εξέλιξη της χλωρής βιομάζας των βλαστών των φυτών για το σύνολο των μεταχειρίσεων για το έτος 2006 και για την όψιμη σπορά. Παράλληλα, στο διάγραμμα 7.6.10 παρουσιάζεται η παραγωγικότητα σε χλωρή βιομάζα των βλαστών του συνόλου των μεταχειρίσεων της όψιμης σποράς του έτους 2006.

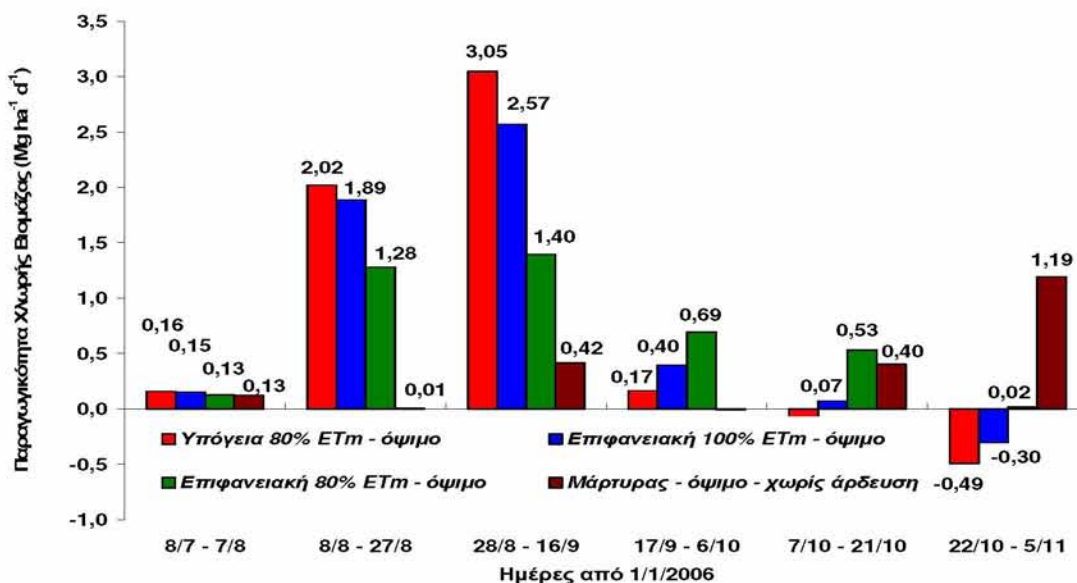
Σύμφωνα λοιπόν και με τα αποτελέσματα, όπως παρουσιάζονται στα διαγράμματα 7.6.9 και 7.6.10, το έτος 2006 αποτέλεσε ιδανικό έτος για την ανάπτυξη και παραγωγικότητα του γλυκού σόργου. Οι ευεργετικές βροχοπτώσεις του Ιουνίου και Σεπτεμβρίου, συνεπικουρούμενες από τις ήπιες ημερήσιες θερμοκρασίες, δημιούργησαν ένα θετικό περιβάλλον για την αύξηση των αποδόσεων στο σύνολο των μεταχειρίσεων.



Διάγραμμα 7.6.9: Εξέλιξη της χλωρής βιομάζας των βλαστών της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων κατά το έτος 2006 (όψιμη σπορά).

Τη πρώτη περίοδο μέτρησης και με τη συμπλήρωση 60 ημερών από την όψιμη σπορά (7/8/2006), η υπόγεια στάγδην και η επιφανειακή στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό υπερέιχαν στατιστικώς, σε επίπεδο σημαντικότητας 95%, επί του συνόλου των μετρήσεων, της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα (χωρίς άρδευση). Οι μέσες τιμές παραγωγής ήταν 9,48 Mg ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, 9,24 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, 7,60 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και 7,49 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Η σημαντική αυτή αύξηση, σε μέση παραγωγή χλωρής βιομάζας του συνόλου των μεταχειρίσεων, σε σχέση και με τη πρώιμη σπορά του έτους, προέκυψε λόγω των αυξημένων βροχοπτώσεων του πρώτου και του δεύτερου δεκαήμερου του Ιουνίου οι οποίες και συνέπεσαν με την έναρξη της αναπτυξιακής διαδικασίας. Παράλληλα τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η αναλογία βάρους βλαστών προς τα φύλλα ήταν ελαφρώς μικρότερη του 1/3 στο σύνολο των μεταχειρίσεων (10%

μεγαλύτερη αύξηση βλαστών σε σχέση με τη πρόιμη σπορά). Αντίστοιχα, οι ρυθμοί παραγωγικότητας ήταν, στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις $0,16 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων $0,15 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, και ακολούθησαν οι επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων και οι επαναλήψεις του μάρτυρα με $0,13 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$.



Διάγραμμα 7.6.10: Παραγωγικότητα χλωρής βιομάζας των βλαστών της όψιμης σποράς των μεταχειρίσεων του έτους 2006 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

Με τη συμπλήρωση 80 ημερών από τη σπορά (27/8/2006) παρατηρήθηκαν σημαντικές, σε σχέση και με τη προηγούμενη περίοδο μέτρησης, διαφορές στη παραγωγικότητα των μεταχειρίσεων, ενώ ταυτόχρονα διατηρήθηκε η ανωτερότητα της υπόγειας στάγδην και της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Οι αντίστοιχοι λοιπόν ρυθμοί παραγωγικότητας στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης ήταν $2,02 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων $1,89 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων $1,28 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, και στις επαναλήψεις του μάρτυρα, υποτυπώδεις, $0,01 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Οι μέσες τιμές παραγωγής ήταν $49,91 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, $47,00 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, $33,24 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και $7,62 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Παράλληλα τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η αναλογία βάρους βλαστών προς τα φύλλα στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις ήταν ελαφρώς μικρότερη του 1/5, ενώ στις επαναλήψεις του μάρτυρα παρέμεινε στα επίπεδα του 1/1.

Η περίοδος από τα τέλη Αυγούστου έως και τα μέσα του δευτέρου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου (συμπλήρωση 100 ημερών από την όψιμη σπορά), ανέδειξε τους υψηλότερους δείκτες παραγωγικότητας στο σύνολο των ετών διεξαγωγής του πειράματος, με εξαίρεση το μάρτυρα, για την όψιμη σπορά. Παρατηρήθηκαν λοιπόν ανώτατες τιμές παραγωγικότητας της τάξης των $3,05 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις (ανώτερη τιμή όλων των ετών και μεταχειρίσεων για την όψιμη σπορά) ή αλλιώς 305 κιλά αύξηση σε χλωρή βιομάζα βλαστών καθημερινά, $2,57 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό (μέγιστο όλων των ετών της συγκεκριμένης μεταχείρισης για την όψιμη σπορά), $1,40 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό (μέγιστο όλων των ετών της συγκεκριμένης μεταχείρισης για την όψιμη σπορά), και $0,42 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Οι μέσες τιμές παραγωγής τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης, ήταν $110,91 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, $98,38 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, $61,19 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και $15,92 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η αναλογία βάρους βλαστών προς τα φύλλα στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις ήταν ελαφρώς μεγαλύτερη του 1/5, με εξαίρεση τις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό (1/5), ενώ στις επαναλήψεις του μάρτυρα παρέμεινε στο 1/1, σαφώς όμως βελτιωμένη υπέρ των βλαστών. Οι ηπιότερες θερμοκρασίες και η μειωμένη επιφανειακή εξάτμιση παράλληλα με τη χορήγηση των αναγκαίων ποσοτήτων αρδευτικού νερού, οδήγησαν σε σημαντική αύξηση των αποδόσεων σε χλωρή βιομάζα στο σύνολο των αρδευόμενων μεταχειρίσεων. Η αύξηση του ριζικού συστήματος των φυτών και η διοχέτευση του αρδευτικού νερού υπογείως, οδήγησαν σ' αυτά τα εξαιρετικά αποτελέσματα παραγωγικότητας των επαναλήψεων της υπόγειας στάγδην άρδευσης, αναδεικνύοντας το υψηλό ενεργειακό δυναμικό της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για τα δεδομένα του Μεσογειακού κλίματος, ακόμη και για τις όψιμες σπορές της ίδιας ποικιλίας.

Σημαντική μείωση των τιμών παραγωγικότητας παρουσιάστηκε στο σύνολο των μεταχειρίσεων, και ειδικότερα στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης και του μάρτυρα, την επόμενη περίοδο μέτρησης από τα μέσα του δευτέρου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου έως και το πρώτο δεκαήμερο του Οκτωβρίου και με τη συμπλήρωση 120 ημερών από την όψιμη σπορά. Οι δείκτες παραγωγικότητας διακυμάνθηκαν από $-0,01 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα, σε $0,17 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, σε $0,40 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 100% των απαιτήσεων, έως και $0,69 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων. Οι μέσες τιμές παραγωγής, ήταν $114,23 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις (μέγιστο έτος της μεταχείρισης για την όψιμη σπορά), $106,29 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, $75,05 \text{ Mg ha}^{-1}$, στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και $15,78 \text{ Mg ha}^{-1}$, στις επαναλήψεις

του μάρτυρα. Η μεγάλη αυτή μείωση, ειδικότερα στις επαναλήψεις του μάρτυρα, προήλθε λόγω των ξηροθερμικών συνθηκών της περιόδου που οδήγησαν σε αναστολή της ανάπτυξης (λήθαργος), ενώ στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις η μείωση των ωρών ηλιοφάνειας οδήγησε στη σταδιακή ελαχιστοποίηση των παραγωγικών δεικτών. Παράλληλα τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η αναλογία βάρους βλαστών προς τα φύλλα κυμάνθηκε σε αναλογία σχεδόν 1/6 στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις και σε 1/3 στις επαναλήψεις του μάρτυρα.

Συμπληρώνοντας 135 ημέρες από τη σπορά, στις αρχές του τελευταίου δεκαημέρου του Οκτωβρίου, παρατηρήθηκαν και οι μέγιστες τιμές σε μέσους όρους χλωρής βιομάζας του έτους στις μεταχειρίσεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό. Οι αποδόσεις αυτές κυμάνθηκαν από 21,84 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα, σε 83,05 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, σε 107,39 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό (μέγιστο όλων των ετών της συγκεκριμένης μεταχείρισης για την όψιμη σπορά), και σε 112,53 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης. Τα στοιχεία μέτρησης ανέδειξαν σαφή υπεροχή της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι των υπολοίπων μεταχειρίσεων. Οι ρυθμοί παραγωγικότητας έλαβαν τη συγκεκριμένη περίοδο τις ελάχιστες θετικές τιμές του έτους με εξαίρεση το μάρτυρα και την υπόγεια στάγδην άρδευση. Συγκεκριμένα, οι ρυθμοί παραγωγικότητας ήταν, 0,53 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων και ακολούθησαν οι επαναλήψεις του μάρτυρα με 0,40 Mg ha⁻¹ d⁻¹, οι επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων με 0,07 Mg ha⁻¹ d⁻¹, και οι υπόγειες στάγδην επαναλήψεις με αρνητικό ρυθμό παραγωγικότητας - 0,11 Mg ha⁻¹ d⁻¹. Οι αναλογίες βάρους βλαστών και φύλλων δεν μεταβλήθηκε, καθώς οι ρυθμοί ανάπτυξης του δείκτη φυλλικής επιφάνειας παραμένουν θετικοί και τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Παρατηρήθηκε όμως σαφή αύξηση της αναλογίας υπέρ των βλαστών στις επαναλήψεις του μάρτυρα (αύξηση κατά 10%), καθώς οι βροχοπτώσεις στα τέλη Σεπτεμβρίου με αρχές Οκτωβρίου “ζύπνησαν” τα φυτά της μεταχείρισης από το “λήθαργο” της ανομβρίας.

Από τις αρχές του τελευταίου δεκαημέρου του Οκτωβρίου έως και τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου για την όψιμη σπορά (5/11/2006), εμφανίστηκαν αρνητικοί ρυθμοί ανάπτυξης και παραγωγικότητας, με εξαίρεση τις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα. Οι αρνητικοί ρυθμοί παραγωγικότητας (βλέπε διάγραμμα 7.6.10), οι οποίοι βέβαια ήταν απόρροια της γήρανσης της καλλιέργειας, ήταν στις υπόγειες στάγδην -0,49 Mg ha⁻¹ d⁻¹, και στις επιφανειακές στο 100% των απαιτήσεων -0,30 Mg ha⁻¹ d⁻¹, και ως αποτέλεσμα είχαν την συνολική μείωση των τελικών αποδόσεων των επαναλήψεων που αρδεύτηκαν ποικιλοτρόπως, λόγω και της μειωμένης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας και της αυξημένης αναπνοής συντήρησης των μηνών Οκτωβρίου – Νοεμβρίου. Αντίθετα στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων ο ρυθμός

παραγωγικότητας ήταν υποτυπώδης αλλά θετικός $0,02 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Επίσης ο ρυθμός παραγωγικότητας του μάρτυρα παρέμεινε θετικός, λαμβάνοντας την ανώτερη τιμή που παρατηρήθηκε ποτέ στη συγκεκριμένη μεταχείριση, σε έτος διεξαγωγής του πειράματος συμπεριλαμβανομένων των πρώιμων και όψιμων σπορών ($1,19 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$). Οι μέσες αποδόσεις σε παραγωγή χλωρής βιομάζας βλαστών κυμάνθηκαν από $39,73 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα (ανώτερη τιμή έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης), σε $83,33 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό (ανώτερη τιμή έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης), σε $102,83 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, και σε $105,15 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης. Ο λόγος ήταν ότι οι επαναλήψεις που δεν αρδεύτηκαν καθόλου ή σε ποσοστό μικρότερο του 100% των αναγκών τους καθυστέρησαν σημαντικά την ανάπτυξή τους με αποτέλεσμα να διαθέτουν επιπλέον αποθέματα για αναπτυξιακή δραστηριότητα, τα οποία ενισχύθηκαν από τις έντονες βροχοπτώσεις των μηνών Σεπτεμβρίου και Οκτωβρίου.

Επιβεβαιώνεται έτσι για μία φορά ακόμη το προσωνύμιο «φυτό καμήλα» για τη καλλιέργεια του γλυκού σόργου. Οι βροχοπτώσεις αυτές βοήθησαν τις επαναλήψεις του μάρτυρα να επιτύχουν, τη συγκεκριμένη περίοδο, τις υψηλότερες μέσες αποδόσεις σε χλωρή βιομάζα της μεταχείρισης (μέση απόδοση χλωρής βιομάζας βλαστών μάρτυρα: $39,73 \text{ Mg ha}^{-1}$ μέγιστο όλων των ετών μελέτης της μεταχείρισης τόσο της όψιμης όσο και της πρώιμης σποράς). Από την άλλη το γεγονός αυτό αποτελεί απόδειξη, και όχι απλώς ένδειξη, της αναγκαιότητας χρήσης αρδευτικού νερού, ακόμη και στις ξηρικές καλλιέργειες, όταν επιδίωξη είναι η υψηλή παραγωγή σε χλωρή βιομάζα.

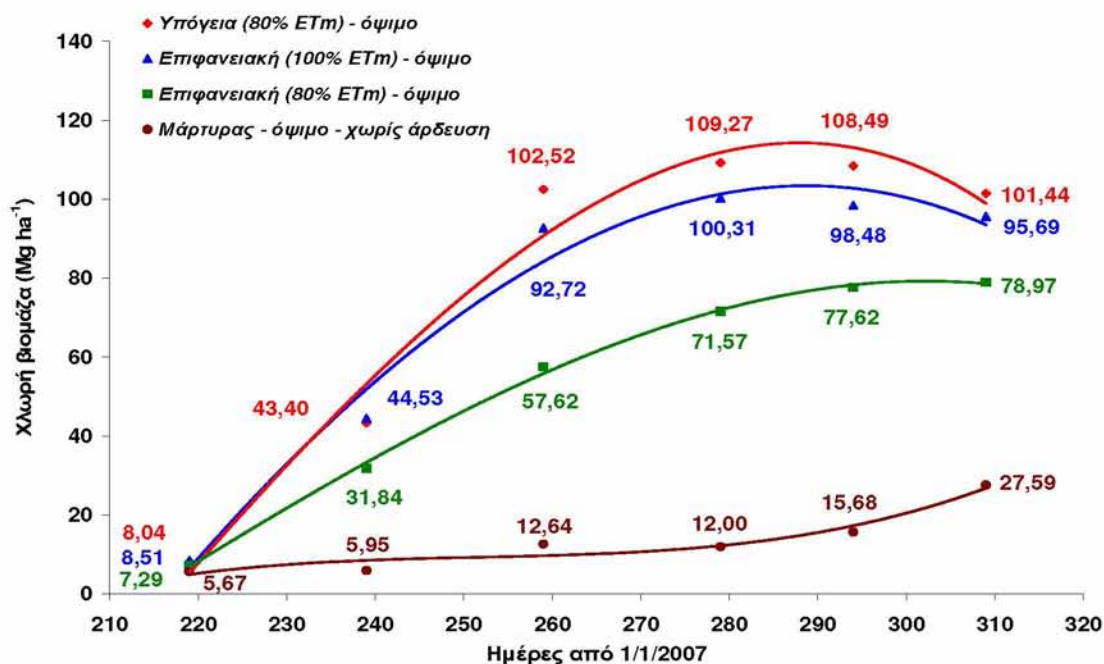
Πιθανόν η εξέλιξη της συγκεκριμένης μεταχείρισης του μάρτυρα να δικαιολογούσε οικονομικά μία επιπλέον συγκομιδή. Τέλος και έχοντας πλέον ολοκληρωθεί 150 ημέρες από τη σπορά της καλλιέργειας δεν παρατηρήθηκε μεγαλύτερο από 5% ποσοστό πλαγιάσματος της καλλιέργειας.

7.16.3 Χλωρή βιομάζα φυτών όψιμης σποράς έτους 2007

7.16.3.1 Γενικά

Στο διάγραμμα 7.6.11 αποτυπώνεται η εξέλιξη της χλωρής βιομάζας των βλαστών για το σύνολο των μεταχειρίσεων για το έτος 2007 και για την όψιμη σπορά.

Παράλληλα, στο διάγραμμα 7.6.12 παρουσιάζεται η παραγωγικότητα σε χλωρή βιομάζα των βλαστών του συνόλου των μεταχειρίσεων της όψιμης σποράς του έτους 2007. Οι ξηροθερμικές συνθήκες του 2007 δεν επέτρεψαν στο σύνολο των μεταχειρίσεων να επιτύχουν αντίστοιχες με το 2006 αποδόσεις σε χλωρή βιομάζα.

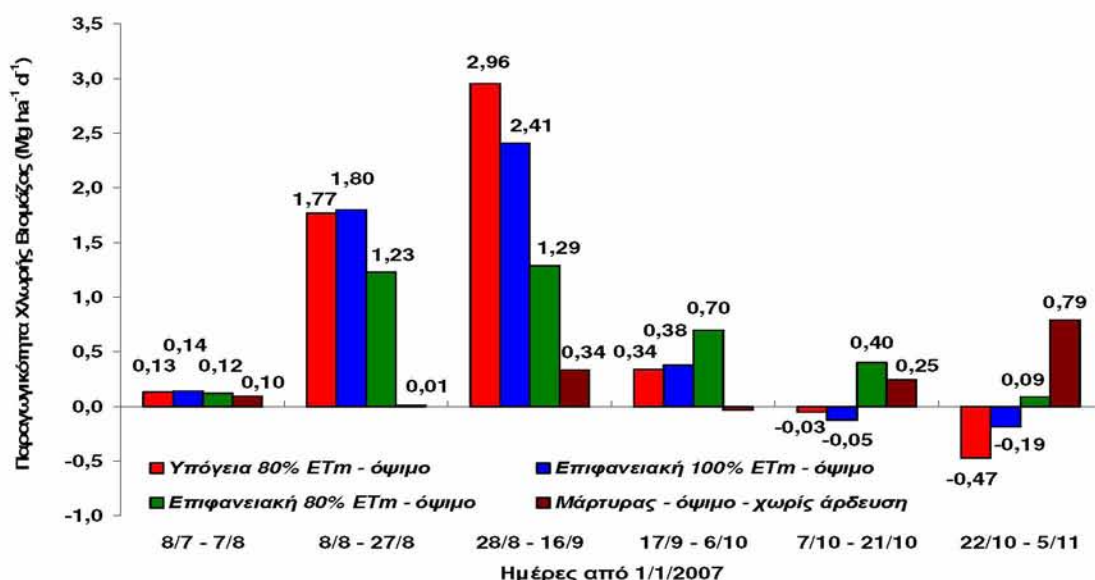


Διάγραμμα 7.6.11: Εξέλιξη της χλωρής βιομάζας των βλαστών της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων κατά το έτος 2007 (όψιμη σπορά).

Τη πρώτη περίοδο μέτρησης και με τη συμπλήρωση 60 ημερών από την όψιμη σπορά (7/8/2007), η υπόγεια στάγδην και η επιφανειακή στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό υπερέιχαν στατιστικώς, σε επίπεδο σημαντικότητας 95% επί του συνόλου των μετρήσεων, της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα (χωρίς άρδευση). Οι μέσες τιμές παραγωγής ήταν 8,04 Mg ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, 8,51 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, 7,29 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και 5,67 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Η σχετική αυτή μείωση, σε μέση παραγωγή χλωρής βιομάζας του συνόλου των μεταχειρίσεων, σε σχέση και με τη προηγούμενη χρονιά, προέκυψαν λόγω του χαμηλού ύψος βροχοπτώσεων του πρώτου και του δεύτερου δεκαημέρου του Ιουνίου και συνέπεσαν με την έναρξη της αναπτυξιακής διαδικασίας. Παράλληλα τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η αναλογία βάρους βλαστών προς τα φύλλα ήταν ελαφρώς μεγαλύτερη του 1/1 στο σύνολο των μεταχειρίσεων. Αντίστοιχα, οι ρυθμοί παραγωγικότητας ήταν, στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις 0,13 Mg ha⁻¹ d⁻¹, στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων 0,14 Mg ha⁻¹ d⁻¹, στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων 0,12 Mg ha⁻¹ d⁻¹ και στις επαναλήψεις του μάρτυρα 0,10 Mg ha⁻¹ d⁻¹.

Με τη συμπλήρωση 80 ημερών από τη σπορά (27/8/2007) παρατηρήθηκαν σημαντικές, σε σχέση και με τη προηγούμενη περίοδο μέτρησης, διαφορές στη παραγωγικότητα των μεταχειρίσεων, ενώ ταυτόχρονα διατηρήθηκε η ανωτερότητα της υπόγειας στάγδην και της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε

νερό σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Οι αντίστοιχοι λοιπόν ρυθμοί παραγωγικότητας στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης ήταν $1,77 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων $1,80 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων $1,23 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, και στις επαναλήψεις του μάρτυρα, υποτυπώδεις, $0,01 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Οι μέσες τιμές παραγωγής ήταν $43,40 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, $44,53 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, $31,84 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και $5,95 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Παράλληλα τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η αναλογία βάρους βλαστών προς τα φύλλα στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις ήταν ελαφρώς μικρότερη του 1/4, ενώ στις επαναλήψεις του μάρτυρα παρέμεινε στα επίπεδα του 1/1.



Διάγραμμα 7.6.12: Παραγωγικότητα χλωρής βιομάζας των βλαστών της όψιμης σποράς των μεταχειρίσεων του έτους 2007 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

Η περίοδος από τα τέλη Αυγούστου έως και τα μέσα του δευτέρου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου (συμπλήρωση 100 ημερών από την όψιμη σπορά), ανέδειξε τους υψηλότερους δείκτες παραγωγικότητας στο σύνολο των μεταχειρίσεων, με εξαίρεση το μάρτυρα. Παρατηρήθηκαν λοιπόν ανώτατες τιμές παραγωγικότητας της τάξης των $2,96 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις (ανώτερη τιμή έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης), $2,41 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό (ανώτερη τιμή έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης), $1,29 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό (ανώτερη τιμή έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης), και $0,34 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Οι μέσες τιμές παραγωγής τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης, ήταν $102,52 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, $92,72 \text{ Mg ha}^{-1}$

στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, 57,62 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και 12,64 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η αναλογία βάρους βλαστών προς τα φύλλα στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις ήταν ελαφρώς μεγαλύτερη του 1/6, με εξαίρεση τις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό (1/5), ενώ στις επαναλήψεις του μάρτυρα παρέμεινε στο 1/1. Η χορήγηση των αναγκαίων ποσοτήτων αρδευτικού νερού, οδήγησαν σε σημαντική αύξηση των αποδόσεων σε χλωρή βιομάζα στο σύνολο των αρδευομένων μεταχειρίσεων. Η αύξηση του ριζικού συστήματος των φυτών και η διοχέτευση του αρδευτικού νερού υπογείως, οδήγησαν σ' αυτά τα εξαιρετικά αποτελέσματα παραγωγικότητας των επαναλήψεων της υπόγειας στάγδην άρδευσης.

Σημαντική μείωση των τιμών παραγωγικότητας παρουσιάστηκε στο σύνολο των μεταχειρίσεων, και ειδικότερα στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης και του μάρτυρα, την επόμενη περίοδο μέτρησης από τα μέσα του δευτέρου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου έως και το πρώτο δεκαήμερο του Οκτωβρίου και με τη συμπλήρωση 120 ημερών από την όψιμη σπορά. Οι δείκτες παραγωγικότητας διακυμάνθηκαν από -0,03 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα, σε 0,34 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, σε 0,38 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις επιφανειακές στο 100% των απαιτήσεων, έως και 0,70 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων. Οι μέσες τιμές παραγωγής, ήταν 109,27 Mg ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις (μέγιστο έτος της μεταχείρισης για την όψιμη σπορά), 100,31 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό (μέγιστο έτος της μεταχείρισης για την όψιμη σπορά), 71,57 Mg ha⁻¹, στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και 12,00 Mg ha⁻¹, στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Η μεγάλη αυτή μείωση, ειδικότερα στις επαναλήψεις του μάρτυρα, ήταν απόρροια των ξηροθερμικών συνθηκών της περιόδου που οδήγησαν σε αναστολή της ανάπτυξης (λήθαργος), ενώ στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις η μείωση των ωρών ηλιοφάνειας οδήγησε στη σταδιακή ελαχιστοποίηση των παραγωγικών δεικτών. Παράλληλα τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η αναλογία βάρους βλαστών προς τα φύλλα κυμάνθηκε σε αναλογία σχεδόν 1/6 στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις και σε 1/1 στις επαναλήψεις του μάρτυρα.

Συμπληρώνοντας 135 ημέρες από τη σπορά, στις αρχές του τελευταίου δεκαημέρου του Οκτωβρίου, παρατηρήθηκαν και οι πρώτοι αρνητικοί ρυθμοί παραγωγικότητας στις μεταχειρίσεις της υπόγειας και της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό. Συγκεκριμένα, οι ρυθμοί παραγωγικότητας ήταν, 0,40 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων και ακολούθησαν οι επαναλήψεις του μάρτυρα με 0,25 Mg ha⁻¹ d⁻¹, οι επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης με -0,03 Mg ha⁻¹ d⁻¹, και της επιφανειακής στο 100% των απαιτήσεων σε νερό με -0,05 Mg ha⁻¹ d⁻¹. Οι μέσες αποδόσεις σε παραγωγή χλωρής βιομάζας βλαστών κυμάνθηκαν από 15,68 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα, σε

77,62 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, σε 98,48 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, και σε 108,49 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης. Τα στοιχεία μέτρησης ανέδειξαν σαφή υπεροχή της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι όλων των υπολοίπων μεταχειρίσεων. Οι αναλογίες βάρους βλαστών και φύλλων δεν μεταβλήθηκε, καθώς οι ρυθμοί ανάπτυξης του δείκτη φυλλικής επιφάνειας παραμένουν θετικοί, και τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο, παρατηρήθηκε όμως σαφή αύξηση των βλαστών έναντι των φύλλων στις επαναλήψεις του μάρτυρα.

Από τις αρχές του τελευταίου δεκαημέρου του Οκτωβρίου έως και τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου για την όψιμη σπορά (5/11/2007), εμφανίστηκαν αρνητικοί ρυθμοί ανάπτυξης και παραγωγικότητας, με εξαίρεση τις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα. Οι αρνητικοί ρυθμοί παραγωγικότητας (βλέπε διάγραμμα 7.6.12), οι οποίοι βέβαια ήταν απόρροια της γήρανσης της καλλιέργειας, ήταν στις υπόγειες στάγδην -0,47 Mg ha⁻¹ d⁻¹, και στις επιφανειακές στο 100% των απαιτήσεων -0,19 Mg ha⁻¹ d⁻¹, και ως αποτέλεσμα είχαν την συνολική μείωση των τελικών αποδόσεων των επαναλήψεων που αρδεύτηκαν ποικιλοτρόπως, λόγω και της μειωμένης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας. Αντίθετα στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων ο ρυθμός παραγωγικότητας ήταν θετικός 0,09 Mg ha⁻¹ d⁻¹. Επίσης ο ρυθμός παραγωγικότητας του μάρτυρα παρέμεινε θετικός, λαμβάνοντας την ανώτερη τιμή του έτους (0,79 Mg ha⁻¹ d⁻¹). Οι μέσες αποδόσεις σε παραγωγή χλωρής βιομάζας βλαστών κυμάνθηκαν από 27,59 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα (ανώτερη τιμή έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης), σε 78,97 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό (ανώτερη τιμή έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης), σε 95,69 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, και σε 101,44 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης. Τέλος και έχοντας πλέον διανύσει 150 ημέρες από τη σπορά της καλλιέργειας δεν παρατηρήθηκε μεγαλύτερο από 10% ποσοστό πλαγιάσματος της καλλιέργειας.

7.17 Συζήτηση – χλωρή βιομάζα φυτών

Ανακεφαλαιώνοντας, τα χρήσιμα συμπεράσματα που παρήχθησαν από την ολοκλήρωση του πειράματος σχετικά με τους παραγωγικούς δείκτες, ως αποτέλεσμα της μελέτης εξέλιξης της χλωρής βιομάζας των βλαστών, της καλλιέργειας του γλυκού σόργου υπό το καθεστώς διαφορετικών μεταχειρίσεων άρδευσης ήταν τα παρακάτω:

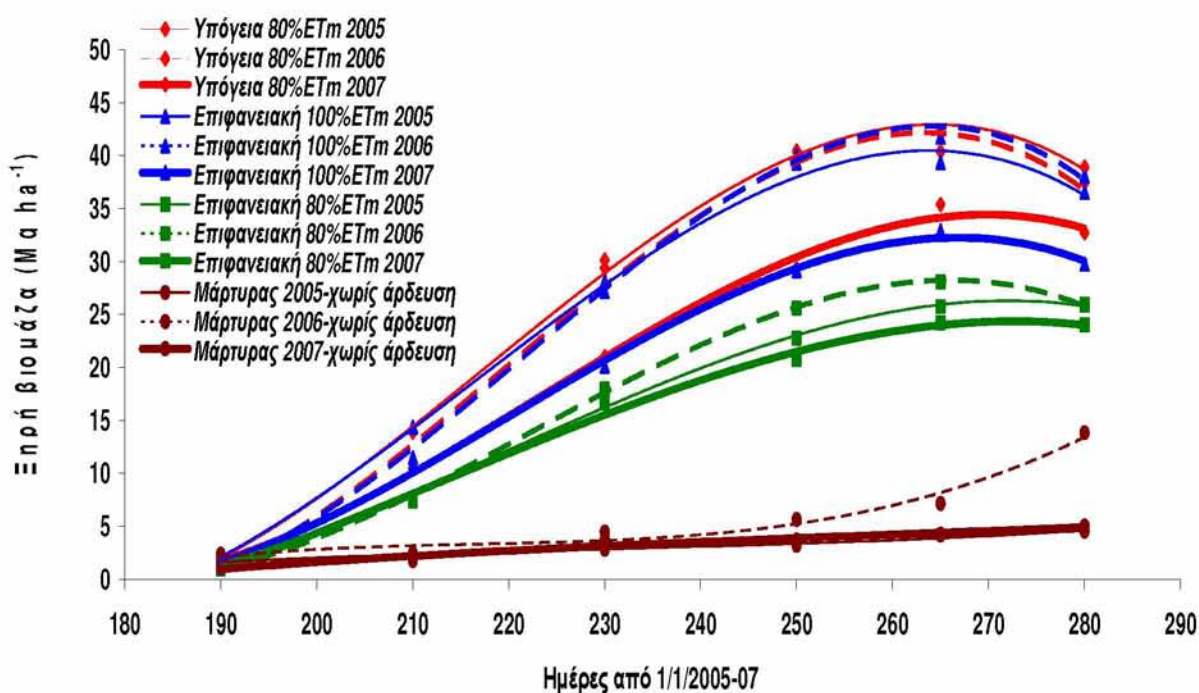
- ✓ Υπήρξε ανωτερότητα στις αποδόσεις χλωρής βιομάζας των βλαστών με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης στο σύνολο των ετών πραγματοποίησης του πειράματος, τόσο για τη πρώιμη (με εξαίρεση το έτος 2006) όσο και για την όψιμη σπορά.
- ✓ Για αναλογικά ισόποσες χορηγούμενες δόσεις άρδευσης η υπόγεια υπερτερεί της επιφανειακής στάγδην άρδευσης σε παραγωγικούς ρυθμούς και σε τελικές μέσες αποδόσεις.
- ✓ Σε χρονιές με υψηλές απαιτήσεις σε αρδευτικό νερό η υπόγεια στάγδην άρδευση υπερτερεί της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, με μεγιστοποίηση των τελικών αποδόσεων σε χλωρή βιομάζα, ενώ τα αποτελέσματα ισοσταθμίζονται όταν οι απαιτήσεις σε αρδευτικό νερό μειώνονται και οι μέσες θερμοκρασίες ημέρας γίνονται ηπιότερες.
- ✓ Παρατηρήθηκαν υψηλοί ρυθμοί παραγωγικότητας, ειδικότερα στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, στο σύνολο των ετών της έρευνας και σε συγκεκριμένα χρονοδιαστήματα (30/7 – 18/8 πρώιμη σπορά, 28/8 – 16/9 όψιμη σπορά), και παράλληλα πρώιμα υψηλή παραγωγή στις επιφανειακές στάγδην μεταχειρίσεις.
- ✓ Οι όψιμες σπορές (αρχές Ιουνίου) της καλλιέργειας του γλυκού σόργου, για το Μεσογειακό θέρος της κεντρικής Ελλάδας, δεν ήταν εξίσου αποδοτικές με τις αντίστοιχες πρώιμες σπορές (αρχές Μαΐου), εκτός εάν αποφασιστεί καλλιέργεια με ελάχιστες έως μηδενικές εισροές σε αρδευτικό νερό (μείωση και της οικονομικής προσόδου).
- ✓ Από τα πρώτα αποτελέσματα ως βέλτιστος χρόνος συγκομιδής για τις αρδευόμενες μεταχειρίσεις θεωρείται η περίοδος από τα τέλη Σεπτεμβρίου (20/9) έως και τις αρχές Οκτωβρίου (5/10) για τη πρώιμη σπορά και από τις αρχές Οκτωβρίου (10/10) έως και τις αρχές Νοεμβρίου (1/11) για την όψιμη σπορά.
- ✓ Η αποτύπωση της εξελικτικής πορείας των πειραματικών με τη μέθοδο της γεωστατιστικής, ανέδειξε σαφή υπεροχή των κεντρικών σειρών με νοτιοανατολικό προσανατολισμό.
- ✓ Απαραίτητη θεωρείται η χορήγηση λιπαντικής αγωγής μετά το πέρας δύο συναπτόν ετών καλλιέργειας του αγρού με γλυκό σόργο, ειδικότερα σε εδάφη χαμηλής έως και μέτριας γονιμότητας.

7.18 Ξηρή βιομάζα – πρώιμη σπορά

7.18.1 Γενικά

Αντίστοιχα με τη χλωρή βιομάζα και τα αποτελέσματα της ξηρής βιομάζας των βλαστών της καλλιέργειας του γλυκού σόργου αναφέρονται στο δεύτερο παράγοντα που τέθηκε προς εξέταση και χαρακτηρίζεται με τον όρο “παραγωγικότητα της καλλιέργειας”.

Έτσι, η εξέλιξη της ξηρής βιομάζας των βλαστών των φυτών, της πρώιμης σποράς, όλων των μεταχειρίσεων που έτυχαν διαφορετικής μεθοδολογίας άρδευσης καθώς επίσης και του μάρτυρα για το σύνολο των ετών διεξαγωγής του πειράματος, απεικονίζεται στο διάγραμμα 7.7.1.

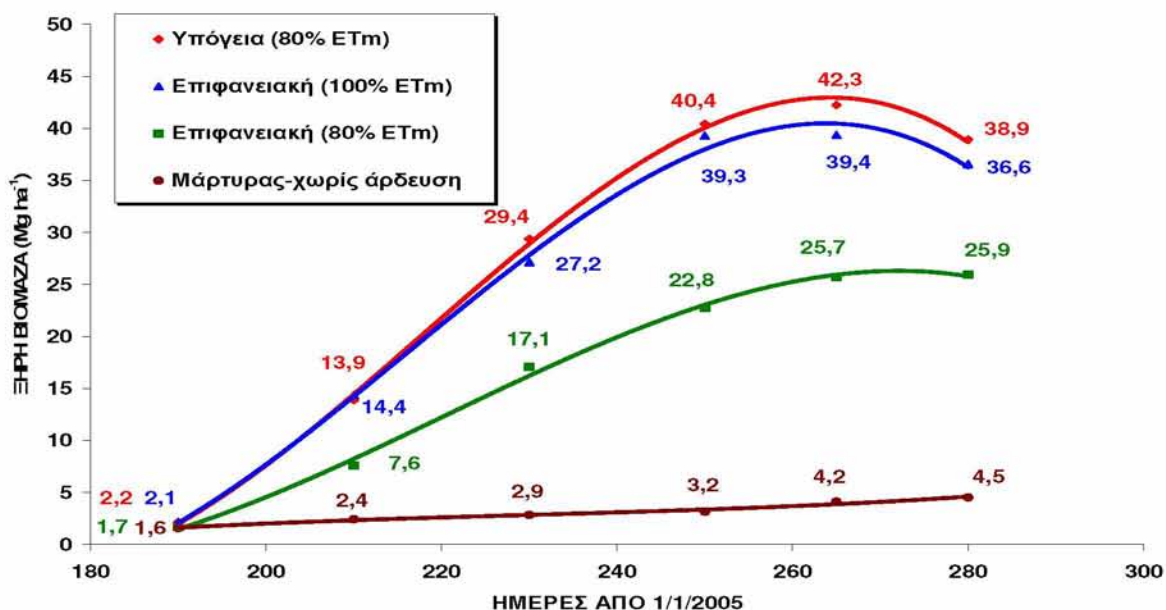


Διάγραμμα 7.7.1: Εξέλιξη της ξηρής βιομάζας των βλαστών της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων και των ετών διεξαγωγής του πειράματος στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο (πρώιμη σπορά).

7.18.2 Ξηρή βιομάζα φυτών πρώιμης σποράς έτους 2005

7.18.2.1 Γενικά

Στο διάγραμμα 7.7.2 αποτυπώνεται η εξέλιξη της ξηρής βιομάζας των βλαστών για το σύνολο των μεταχειρίσεων για το έτος 2005. Παράλληλα, στο διάγραμμα 7.7.3 παρουσιάζεται η παραγωγικότητα σε ξηρή βιομάζα των βλαστών του συνόλου των μεταχειρίσεων για το έτος 2005, ως περιοδικοί ρυθμοί μεταβολής.



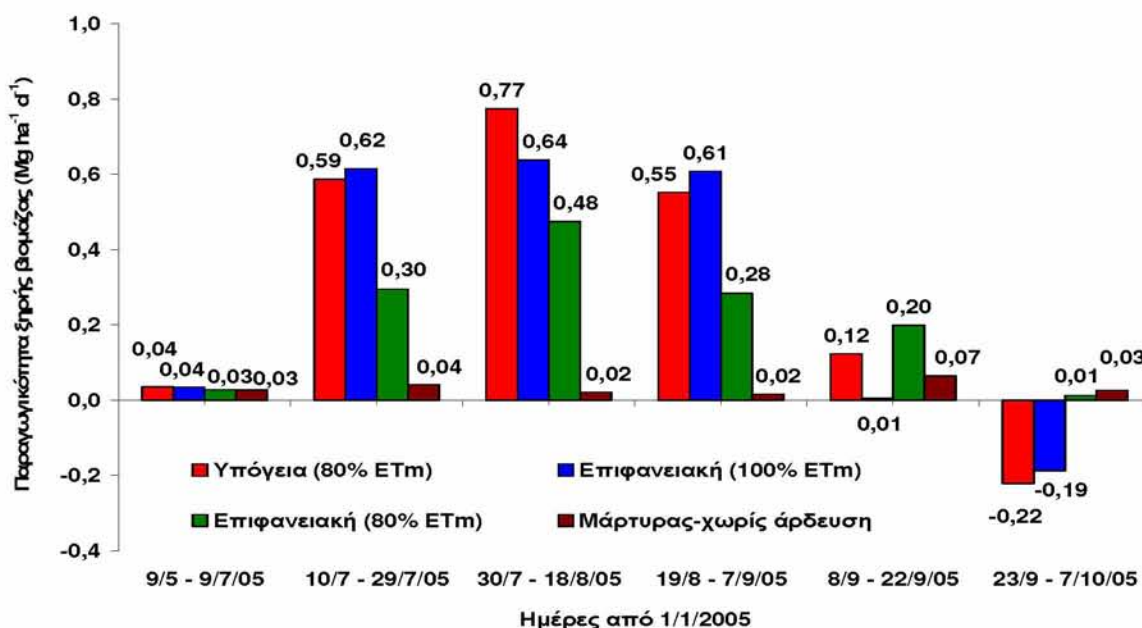
Διάγραμμα 7.7.2: Εξέλιξη της ξηρής βιομάζας των βλαστών της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων κατά το έτος 2005 (πρώιμη σπορά).

Όπως λοιπόν αποτυπώνεται στα διαγράμματα 7.7.2 και 7.7.3 της παραγωγής και της παραγωγικότητας σε ξηρή βιομάζα, οι επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με σταγόνα υπόγεια εμφάνισαν σαφή υπεροχή έναντι των υπολοίπων μεθόδων άρδευσης.

Ειδικότερα, και μετά την ολοκλήρωση των δύο πρώτων μηνών (60 ημέρες) από τη σπορά (9/7/2005), η υπόγεια στάγδην και η επιφανειακή στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό υπερέιχαν στατιστικώς, σε επίπεδο σημαντικότητας 95% επί του συνόλου των μετρήσεων, της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα (χωρίς άρδευση). Οι μέσες τιμές παραγωγής ήταν $2,17 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, $2,11 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, $1,68 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και $1,60 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Παράλληλα τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η υγρασία των βλαστών κυμάνθηκε σε ποσοστό 80% στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις και σε ποσοστό 70% στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Αντίστοιχα, οι ρυθμοί παραγωγικότητας ήταν $0,04 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις και στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων, και ακολούθησαν οι επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων και οι επαναλήψεις του μάρτυρα με $0,03 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$.

Με τη συμπλήρωση 80 ημερών (210 ημερολογιακές ημέρες) από τη σπορά δεν παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτες, σε σχέση και με τη προηγούμενη περίοδο μέτρησης, διαφορές στην υπεροχή μεταξύ των μεταχειρίσεων, σύμφωνα και με τη

στατιστική επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε. Οι μέσες τιμές παραγωγής, ήταν 13,91 Mg ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, 14,40 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, 7,58 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και 2,44 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Παράλληλα τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης το ποσοστό υγρασίας των βλαστών κυμάνθηκε από 75 – 80% στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις και άγγιξε το 75% στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Η μοναδική διαφοροποίηση της συγκεκριμένης περιόδου, σε σχέση με την αξιολόγηση των μεταχειρίσεων, έχει να κάνει με τους ρυθμούς παραγωγικότητας, καθώς έκαναν την εμφάνιση τους υψηλότερες τιμές στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις στο 100% των απαιτήσεων σε νερό (0,62 Mg ha⁻¹ d⁻¹), σε σχέση με τις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις που ακολούθησαν (0,59 Mg ha⁻¹ d⁻¹). Οι αντίστοιχοι ρυθμοί παραγωγικότητας στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων ήταν 0,30 Mg ha⁻¹ d⁻¹, και στις επαναλήψεις του μάρτυρα ήταν 0,04 Mg ha⁻¹ d⁻¹.



Διάγραμμα 7.7.3: Παραγωγικότητα ξηρής βιομάζας των βλαστών των μεταχειρίσεων του έτους 2005 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

Στα τέλη του δευτέρου δεκαημέρου του Αυγούστου, και με τη συμπλήρωση 100 ημερών από τη σπορά, εμφανίστηκε για πρώτη φορά σαφή υπεροχή υπέρ της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε σχέση με την επιφανειακή στο 100% των απαιτήσεων, η οποία φυσικά προέκυψε εξαιτίας της αμεσότητας προσέγγισης του αρδευτικού νερού στη ρίζα. Οι μέσες τιμές παραγωγής τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης, ήταν 29,39 Mg ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, 27,16 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές

στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, 17,08 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και 2,85 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης το ποσοστό υγρασίας επί του συνολικού βάρους των βλαστών κυμάνθηκε, στο σύνολο των μεταχειρίσεων, περίξ του 75%. Η περίοδος από τα τέλη Ιουλίου έως και τα μέσα του δευτέρου δεκαημέρου του Αυγούστου ανέδειξε και τον υψηλότερο δείκτη παραγωγικότητας του έτους στο σύνολο των μεταχειρίσεων λαμβάνοντας τη τιμή 0,77 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις (ή αλλιώς 77 κιλά ημερήσια αύξηση σε ξηρή βιομάζα ανά στρέμμα). Ακολούθησαν οι επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, με εξίσου υψηλές τιμές της τάξης των 0,64 Mg ha⁻¹ d⁻¹, οι επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό με 0,48 Mg ha⁻¹ d⁻¹, και οι επαναλήψεις του μάρτυρα με σημαντικά μειωμένες τιμές του ρυθμού παραγωγικότητας 0,02 Mg ha⁻¹ d⁻¹.

Αναλογικά μικρή αλλά σημαντική μείωση των ρυθμού παραγωγικότητας παρουσιάστηκε στο σύνολο των μεταχειρίσεων την επόμενη περίοδο μέτρησης από το τελευταίο δεκαήμερο του Αυγούστου έως και τα τέλη του πρώτου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου και με τη συμπλήρωση 120 ημερών από τη σπορά. Οι δείκτες παραγωγικότητας διακυμάνθηκαν από 0,55 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, σε 0,61 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις επιφανειακές στο 100% των απαιτήσεων, σε 0,28 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων, και σε 0,02 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Οι μέσες τιμές παραγωγής, ήταν 40,42 Mg ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, 39,31 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, 22,76 Mg ha⁻¹, στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και 3,17 Mg ha⁻¹, στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Παράλληλα τη συγκεκριμένη περίοδο παρατηρήθηκε μείωση της περιεκτικότητας σε υγρασία στους βλαστούς του γλυκού σόργου στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις, η οποία κυμάνθηκε από 70 – 75%, ενώ αντίθετα στις επαναλήψεις του μάρτυρα παρέμεινε σταθερή σε ποσοστό 75%. Η καλλιέργεια είχε περάσει πλέον σε φάση ωρίμανσης.

Από τις αρχές του τελευταίου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου, και έχοντας συμπληρωθεί 135 ημέρες από τη σπορά, ήταν εμφανής πλέον η σαφής ανωτερότητα, σε επίπεδο σημαντικότητας 95%, υπέρ της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε σχέση με το σύνολο των υπολοίπων μεταχειρίσεων. Μεταξύ των επιφανειακών στάγδην η μεταχείριση στο 100% των απαιτήσεων εξακολουθεί να υπερτερεί της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό. Οι ρυθμοί παραγωγικότητας έλαβαν τη συγκεκριμένη περίοδο τις ελάχιστες θετικές τιμές με εξαίρεση τις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα. Συγκεκριμένα, οι ρυθμοί παραγωγικότητας ήταν, 0,20 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων και ακολούθησαν οι υπόγειες στάγδην επαναλήψεις με 0,12 Mg ha⁻¹ d⁻¹, οι επαναλήψεις του μάρτυρα με 0,07 Mg ha⁻¹ d⁻¹, και οι επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις στο 100% των απαιτήσεων με 0,01 Mg ha⁻¹ d⁻¹. Σε αντίθεση με τη χλωρή βιομάζα δεν έκαναν ακόμη την εμφάνιση τους

αρνητικοί ρυθμοί παραγωγικότητας σε ξηρή βιομάζα, καθώς εξακολουθεί να αυξάνει η φυτική μάζα των βλαστών ενώ παράλληλα μειώνεται η περιεχόμενη σ' αυτούς υγρασία (ξυλοποίηση). Έτσι, τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο παρατηρήθηκε υποβάθμιση της υγρασίας των βλαστών του γλυκού σόργου, στο σύνολο των μεταχειρίσεων, σε ποσοστά πλησίον του 70%. Παράλληλα την ίδια περίοδο μετρήσεων παρατηρήθηκε και η υψηλότερη μέση τιμή σε παραγωγή ξηρής βιομάζας από το σύνολο των ετών διεξαγωγής του πειράματος. Η τιμή αυτή πραγματοποιήθηκε στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης και ήταν $42,26 \text{ Mg ha}^{-1}$ ή αλλιώς 4,23 τόνοι ξηρής βιομάζας στο στρέμμα. Ακολούθησαν η μεταχείριση της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό με $39,38 \text{ Mg ha}^{-1}$ (μέγιστη τιμή έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης), η μεταχείριση της επιφανειακής στο 80% των απαιτήσεων σε νερό με $25,74 \text{ Mg ha}^{-1}$, και η μεταχείριση του μάρτυρα με $4,15 \text{ Mg ha}^{-1}$.

Γνωρίζοντας άλλωστε ότι το δυναμικό παραγωγής σε ξηρή βιομάζα των C_4 φυτών στην Ελλάδα (Κ.Α.Π.Ε., 1997 και 1998) προσεγγίζει τους $0,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ η τιμή αυτή της παραγωγικότητας ξεπεράστηκε τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με σταγόνα υπογείως. Το γεγονός αυτό αποτελεί αναμφισβήτητο το σπουδαιότερο επιχείρημα για την επιλογή μεθόδου άρδευσης με σκοπό την μεγιστοποίηση των παραγωγών σε ξηρή βιομάζα των C_4 φυτών, όπως η καλλιέργεια του γλυκού σόργου. Η διαφορά αυτή της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι των υπολοίπων μεταχειρίσεων προέκυψε λόγω της επάρκειας αρδευτικού νερού στο ενεργό κομμάτι του ριζοστρώματος και της διατήρησης ικανοποιητικών τιμών εδαφικής υγρασίας (υδατοϊκανότητα) και για 2 – 3 ημέρες μετά από τη κάθε εφαρμογή στο χωράφι (ανάλογα και με τις ανάγκες σε εξατμισοδιαπνοή).

Από τα τέλη Σεπτεμβρίου έως και τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου έκαναν την εμφάνιση τους αρνητικοί ρυθμοί ανάπτυξης και παραγωγικότητας με εξαίρεση τις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα. Οι αρνητικοί ρυθμοί παραγωγικότητας ήταν απόρροια της ολοκλήρωσης της αναπτυξιακής διαδικασίας που ως αποτέλεσμα είχε τη φυσιολογική γήρανση της φυτείας.

Οι μειωμένες τιμές της έντασης της ακτινοβολίας σε συνδυασμό με την πτώση των τιμών της ημερήσιας θερμοκρασίας και της αυξημένης αναπνοής συντήρησης της καλλιέργειας, εξαιτίας των υψηλών ποσοτήτων βιομάζας, συνέβαλλε στην ελαχιστοποίηση της NET. Οι αρνητικοί ρυθμοί παραγωγικότητας ήταν, στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις $-0,22 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ και στις επιφανειακές στο 100% των απαιτήσεων $-0,19 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Εξαιρέση αποτέλεσαν ο μάρτυρας (χωρίς άρδευση) και η επιφανειακή στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό των οποίων οι ρυθμοί παραγωγικότητας παρέμειναν θετικοί ($0,01 - 0,03 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$) καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου από 22/9 έως και 7/10. Η εξήγηση που δίνεται ήταν ότι οι επαναλήψεις που δεν αρδεύτηκαν καθόλου ή αρδεύτηκαν με μειωμένες δόσεις καθυστέρησαν

σημαντικά την ανάπτυξή τους με αποτέλεσμα να διαθέτουν επιπλέον αποθέματα για αναπτυξιακή δραστηριότητα, ενώ στις υπόλοιπες αρδευόμενες μεταχειρίσεις η αντίδραση στην επάρκεια νερού και θρεπτικών στοιχείων ήταν άμεση. Οι μέσες τιμές παραγωγής, ήταν 38,94 Mg ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, 36,57 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, 25,94 Mg ha⁻¹, στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και 4,54 Mg ha⁻¹, στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Η ανωτερότητα της υπόγειας στάγδην άρδευσης διατηρήθηκε και στη συγκεκριμένη χρονική περίοδο έναντι των υπολοίπων μεταχειρίσεων, ενώ στατιστικά σημαντική παρέμεινε η διαφοροποίηση μεταξύ των μέσων όρων ξηρής βιομάζας της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων και των επαναλήψεων που αρδεύτηκαν με σταγόνα επιφανειακά στο 80% των απαιτήσεων σε νερό. Η περιεκτικότητα σε υγρασία των βλαστών ανήλθε και αυτή τη περίοδο σε ποσοστό πλησίον του 70% στο σύνολο των μεταχειρίσεων.

Με τη μέση θερμογόνο δύναμη της ξηρής βιομάζας του σόργου να αντιστοιχεί σε 0,4 τόνους ισοδυνάμου πετρελαίου (ΤΙΠ) ανά τόνο ξηρής βιομάζας (Dolcioti et al., 1996), αναπαράχθηκε ο πίνακας 7.4.1 για το σύνολο των μεταχειρίσεων του καλλιεργητικού έτους 2005 (για κάθε kg παραγόμενης ξηρής βιομάζας να αντιστοιχεί σε 17 MJ ενέργειας με τη μορφή θερμότητας – NOVEM, 1992).

Μεταχείριση	Ημερομηνία	Μέγιστη τιμή ξηρής βιομάζας (Mg ha ⁻¹)	Τ.Ι.Π. (Τόνοι Ισοδυνάμων Πετρελαίου)
Υπόγεια στάγδην 80% ETm	22/9/2005	42,26	1,69
Επιφανειακή στάγδην 100% ETm	22/9/2005	39,38	1,58
Επιφανειακή στάγδην 80% ETm	7/10/2005	25,94	1,04
Μάρτυρας-χωρίς άρδευση	7/10/2005	4,54	0,18

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι οι υψηλές μέσες τιμές σε παραγωγή ξηρής βιομάζας και Τ.Ι.Π. που παρατηρήθηκαν το έτος 2005 στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις (1,69 ΤΙΠ), αποδεικνύει την σημασία της ορθολογικής χρήσης νερού χωρίς απώλειες (υπόγεια άρδευση) και μάλιστα απουσία λιπαντικής αγωγής. Ανάλογες παραγωγές θεωρούνται εξαιρετικά υψηλές σε σχέση και με αντίστοιχες έρευνες του παρελθόντος (Νικολάου και συνεργάτες, 2000 ; Sakellariou–

Makrantonaki et al., 2003 ; Sakellariou–Makrantonaki et al., 2005 ; Sakellariou–Makrantonaki et al., 2006).

Εκτιμώντας τους ρυθμούς της παραγωγικής διαδικασίας, όπως αυτή αποτυπώθηκε με τη μέθοδο της γεωστατιστικής τόσο στο επίπεδο όσο και στο χώρο (βλ. παράρτημα – αποτύπωση ξηρής βιομάζας με τη μέθοδο της γεωστατιστικής έτους 2005), παρατηρήθηκε, υπεροχή των κεντρικών σειρών των αρδευόμενων πειραματικών στο σύνολο τους, ενώ αντίθετα η νοτιοανατολική τοποθέτηση των φυτών δεν έτυχε υψηλότερων παραγωγικών τιμών. Οι αποτυπώσεις αυτές της ξηρής βιομάζας ήταν επόμενο να ταυτίζονται με τις αντίστοιχες σε χλωρή βιομάζα (κοινό δείγμα μέτρησης) με σημαντικές όμως εξαιρέσεις κυρίως εξαιτίας των διαφορετικών σταδίων ωρίμανσης και των αντίστοιχων διακυμάνσεων σε περιεκτικότητα υγρασίας των αδελφωμάτων του κεντρικού στελέχους.

7.18.3 Ξηρή βιομάζα φυτών πρώιμης σποράς έτους 2006

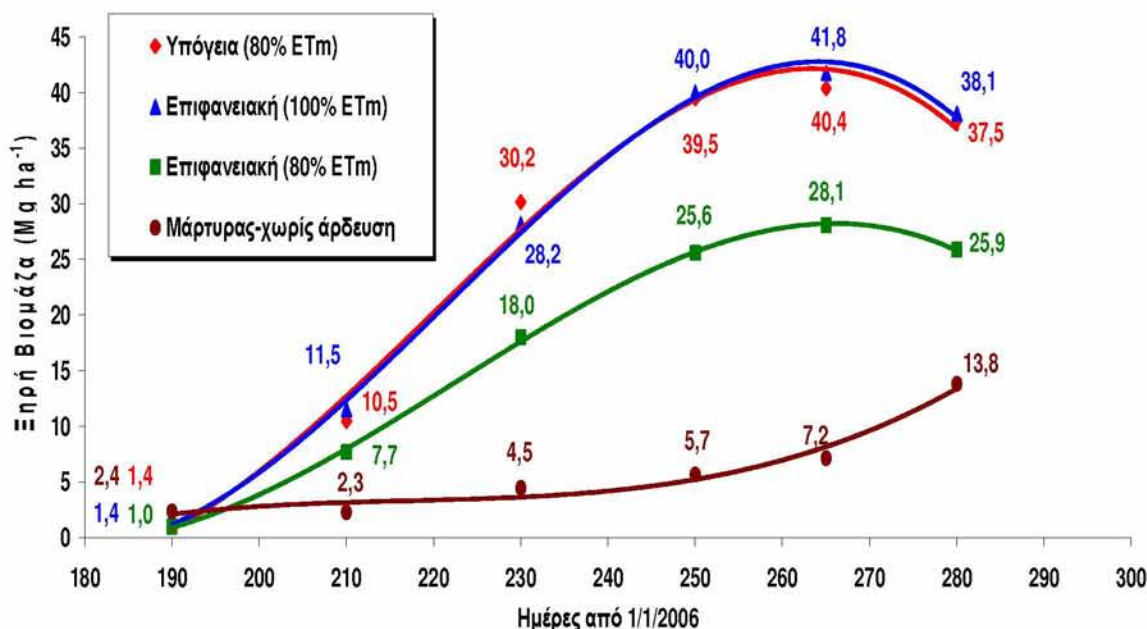
7.18.3.1 Γενικά

Στο διάγραμμα 7.7.4 αποτυπώνεται η εξέλιξη της ξηρής βιομάζας των βλαστών των φυτών για το σύνολο των μεταχειρίσεων για το έτος 2006. Παράλληλα, στο διάγραμμα ράβδων 7.7.5, παρουσιάζεται η παραγωγικότητα σε ξηρή βιομάζα των βλαστών του συνόλου των μεταχειρίσεων για το έτος 2006, ως περιοδικό ρυθμικό μεταβολής.

Το καλλιεργητικό έτος 2006 αποτέλεσε, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, εξαίρεση μεταξύ των ετών πραγματοποίησης της έρευνας. Οι ευεργετικές βροχοπτώσεις του Ιουνίου και Σεπτεμβρίου, συνεπικουρούμενες από τις ήπιες ημερήσιες θερμοκρασίες, δημιούργησαν ένα θετικό περιβάλλον για την αύξηση των αποδόσεων στο σύνολο των μεταχειρίσεων τόσο σε χλωρή όσο και σε ξηρή βιομάζα.

Ειδικότερα, και μετά την ολοκλήρωση των δύο πρώτων μηνών (60 ημέρες) από τη σπορά (9/7/2006), οι επαναλήψεις του μάρτυρα υπερέχον στατιστικά, σε επίπεδο σημαντικότητας 95% επί του συνόλου των μετρήσεων, όλων των αρδευόμενων μεταχειρίσεων. Οι μέσες τιμές παραγωγής ήταν 1,40 Mg ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, 1,43 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, 1,00 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και 2,36 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Οι μικρές αυτές μειώσεις που παρατηρήθηκαν τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο, σε σχέση με το 2005, στους μέσους όρους παραγωγής, οφείλονται κυρίως στις μειωμένες βροχοπτώσεις του πρώτου και του δεύτερου δεκαημέρου του Μαΐου. Παράλληλα τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η υγρασία των βλαστών ανήλθε σε ποσοστό 85% στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις και σε ποσοστό 60% στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Αντίστοιχα, οι ρυθμοί παραγωγικότητας ήταν, στις επαναλήψεις του μάρτυρα 0,04 Mg ha⁻¹ d⁻¹ και

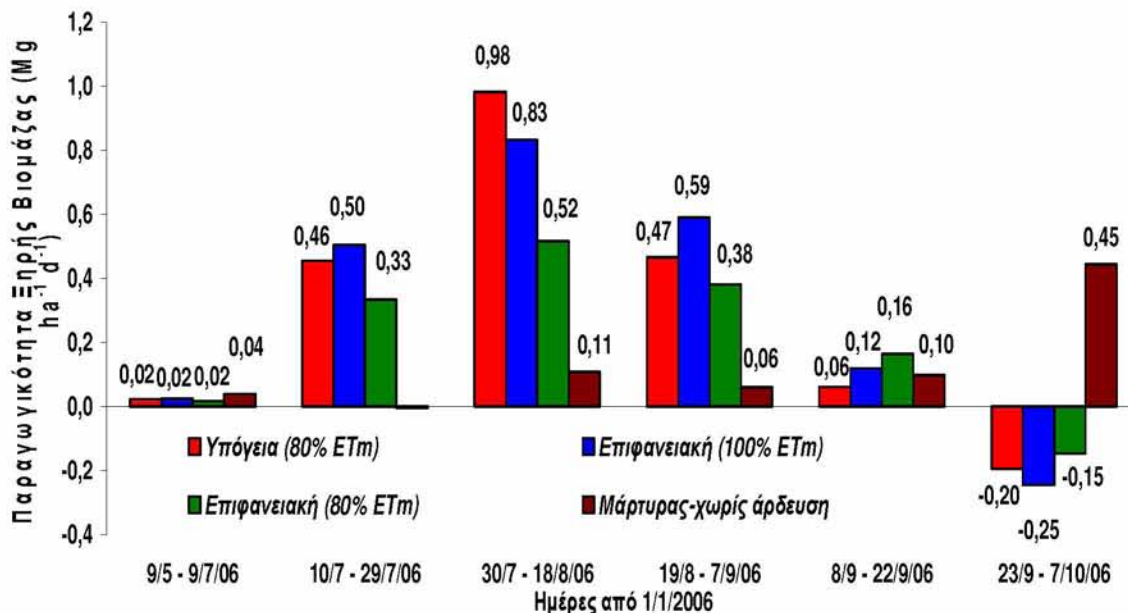
ακολούθησαν οι υπόγειες στάγδην επαναλήψεις και οι επιφανειακές στάγδην με 0,02 Mg ha⁻¹ d⁻¹.



Διάγραμμα 7.7.4: Εξέλιξη της ξηρής βιομάζας των βλαστών της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων κατά το έτος 2006 (πρώιμη σπορά).

Με τη συμπλήρωση 80 ημερών από τη σπορά παρατηρήθηκαν μικρές αλλά σημαντικές, σε σχέση και με τη προηγούμενη περίοδο μέτρησης, διαφορές στην υπεροχή μεταξύ των μεταχειρίσεων, σύμφωνα και με τη στατιστική επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε. Έτσι, εμφανίστηκε για πρώτη φορά σαφή ανωτερότητα της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό σε σχέση με την υπόγεια στάγδην άρδευση. Οι μέσες τιμές παραγωγής απείχαν σημαντικά από τις αντίστοιχες του 2005, με εξαίρεση το μάρτυρα και την επιφανειακή στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και ήταν 10,49 Mg ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, 11,50 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, 7,68 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και 2,28 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο μέτρησης η περιεκτικότητα σε υγρασία των βλαστών άγγιξε στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις το 80% και στις επαναλήψεις του μάρτυρα το 65%. Αντίστοιχα παρατηρήθηκε σημαντική μείωση των ρυθμών παραγωγικότητας στο σύνολο των μεταχειρίσεων, με εξαίρεση την επιφανειακή στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, σε σχέση με την αντίστοιχη περίοδο του 2005. Οι ρυθμοί παραγωγικότητας, τη συγκεκριμένη περίοδο, στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων ήταν 0,50 Mg ha⁻¹ d⁻¹, στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης 0,46 Mg ha⁻¹ d⁻¹, στις επιφανειακές

στάγδην στο 80% των απαιτήσεων $0,33 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, και στις επαναλήψεις του μάρτυρα, σχεδόν ανύπαρκτοι, $0,00 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$.



Διάγραμμα 7.7.5: Παραγωγικότητα ξηρής βιομάζας των βλαστών των μεταχειρίσεων του έτους 2006 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

Η περίοδος από τα τέλη Ιουλίου έως και το δεύτερο δεκαήμερο του Αυγούστου (συμπλήρωση 100 ημερών από τη σπορά), ανέδειξε τους υψηλότερους δείκτες παραγωγικότητας στο σύνολο των ετών διεξαγωγής του πειράματος. Παρατηρήθηκαν λοιπόν ανώτατες τιμές παραγωγικότητας της τάξης των $0,98 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις (ανώτερη τιμή όλων των ετών και μεταχειρίσεων) ή αλλιώς 98 κιλά αύξηση σε ξηρή βιομάζα βλαστών καθημερινά, $0,83 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό (μέγιστο όλων των ετών της συγκεκριμένης μεταχείρισης), $0,52 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό (μέγιστο όλων των ετών της συγκεκριμένης μεταχείρισης), και $0,11 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Οι μέσες τιμές παραγωγής τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης, ήταν $30,15 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, $28,18 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, $18,00 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και $4,46 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο μέτρησης η περιεκτικότητα σε υγρασία των βλαστών άγγιξε στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις το 75% και στις επαναλήψεις του μάρτυρα το 70%. Η σημαντική αυτή αύξηση των αποδόσεων σε ξηρή βιομάζα στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις ήταν αποτέλεσμα της άμεσης προσέγγισης του αρδευτικού νερού στο ενεργό κομμάτι του ριζοστρώματος (30 – 60 cm), καθώς επίσης και της διατήρησης

ικανοποιητικών τιμών εδαφικής υγρασίας (υδατοϊκανότητα) μετά το πέρας της κάθε εφαρμογής και για ένα μεγάλο σχετικά χρονικό διάστημα (2 – 3 ημέρες μετά την άρδευση).

Σημαντική μείωση των τιμών παραγωγικότητας παρουσιάστηκε στο σύνολο των μεταχειρίσεων, και ειδικότερα στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης, την επόμενη περίοδο μέτρησης από το τελευταίο δεκαήμερο του Αυγούστου έως και τα τέλη του πρώτου δεκαήμερου του Σεπτεμβρίου και με τη συμπλήρωση 120 ημερών από τη σπορά. Οι δείκτες παραγωγικότητας διακυμάνθηκαν από $0,06 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα, σε $0,38 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων, σε $0,47 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, έως και $0,59 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 100% των απαιτήσεων. Οι μέσες τιμές παραγωγής, ήταν $39,49 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, $40,00 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, $25,62 \text{ Mg ha}^{-1}$, στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και $5,66 \text{ Mg ha}^{-1}$, στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο μέτρησης η περιεκτικότητα σε υγρασία των βλαστών άγγιξε στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις το 70% και στις επαναλήψεις του μάρτυρα το 60%.

Συμπληρώνοντας 135 ημέρες από τη σπορά, στις αρχές του τελευταίου δεκαήμερου του Σεπτεμβρίου, παρατηρήθηκαν και οι μέγιστες τιμές σε μέσους όρους ξηρής βιομάζας του έτους στο σύνολο των μεταχειρίσεων με εξαίρεση το μάρτυρα. Οι αποδόσεις αυτές κυμάνθηκαν από $7,15 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα, σε $28,08 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό (μέγιστο όλων των ετών της συγκεκριμένης μεταχείρισης), σε $40,41 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης, και σε $41,78 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό (μέγιστο όλων των ετών της συγκεκριμένης μεταχείρισης). Τα στοιχεία μέτρησης ανέδειξαν σαφή υπεροχή της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων έναντι των υπολοίπων μεταχειρίσεων. Οι ρυθμοί παραγωγικότητας έλαβαν τη συγκεκριμένη περίοδο τις ελάχιστες θετικές τιμές του έτους με εξαίρεση το μάρτυρα. Συγκεκριμένα, οι ρυθμοί παραγωγικότητας ήταν, $0,16 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων και ακολούθησαν οι επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων με $0,12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, οι επαναλήψεις του μάρτυρα με $0,10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, και οι υπόγειες στάγδην επαναλήψεις με $0,06 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο μέτρησης η περιεκτικότητα σε υγρασία των βλαστών άγγιξε στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις το 70% και στις επαναλήψεις του μάρτυρα το 65%. Παρατηρήθηκε επομένως αύξηση της ξηρής βιομάζας των βλαστών στις επαναλήψεις του μάρτυρα, καθώς οι βροχοπτώσεις στις αρχές Σεπτεμβρίου “ξύπνησαν” τα φυτά της μεταχείρισης από το λήθαργο στον οποίο είχαν περιέλθει τη προηγούμενη χρονική περίοδο.

Από τα τέλη Σεπτεμβρίου έως και τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου έκαναν την εμφάνιση τους αρνητικοί ρυθμοί ανάπτυξης και παραγωγικότητας στο σύνολο των μεταχειρίσεων με εξαίρεση το μάρτυρα. Οι αρνητικοί ρυθμοί παραγωγικότητας, οι οποίοι βέβαια ήταν αποτέλεσμα της γήρανσης της καλλιέργειας, ήταν στις υπόγειες στάγδην $-0,20 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, στις επιφανειακές στο 100% των απαιτήσεων $-0,25 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, και στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων $-0,15 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, και ως αποτέλεσμα είχαν την συνολική μείωση των τελικών αποδόσεων των επαναλήψεων που αρδεύτηκαν ποικιλοτρόπως, λόγω και της μειωμένης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας και της αυξημένης αναπνοής συντήρησης των μηνών Οκτωβρίου – Νοεμβρίου. Εξαίρεση αποτέλεσε ο μάρτυρας (χωρίς άρδευση) του οποίου ο ρυθμός παραγωγικότητας παρέμεινε θετικός, λαμβάνοντας την ανώτερη τιμή που παρατηρήθηκε ποτέ στη συγκεκριμένη μεταχείριση, σε έτος διεξαγωγής του πειράματος για τη πρώιμη σπορά ($0,45 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$). Οι αποδόσεις αυτές κυμάνθηκαν από $13,82 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα (μέγιστο όλων των ετών της συγκεκριμένης μεταχείρισης), σε $25,88 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, σε $37,49 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης, και σε $38,11 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό. Πιθανόν η εξέλιξη της συγκεκριμένης μεταχείρισης του μάρτυρα να δικαιολογούσε οικονομικά μία επιπλέον συγκομιδή.

Οι αποδόσεις σε Τ.Ι.Π. του καλλιεργητικού έτους 2006 παρουσιάζονται στον πίνακα 7.4.2.

Μεταχείριση	Ημερομηνία	Μέγιστη τιμή ξηρής βιομάζας (Mg ha^{-1})	Τ.Ι.Π. (Τόνοι Ισοδυνάμων Πετρελαίου)
Υπόγεια στάγδην 80% ETm	22/9/2006	40,41	1,62
Επιφανειακή στάγδην 100% ETm	22/9/2006	41,78	1,67
Επιφανειακή στάγδην 80% ETm	22/9/2006	28,08	1,12
Μάρτυρας-χωρίς άρδευση	7/10/2006	13,82	0,55

Οι υψηλές μέσες τιμές σε παραγωγή ξηρής βιομάζας και Τ.Ι.Π., που παρατηρήθηκαν και το έτος 2006, τόσο στις επιφανειακές στάγδην όσο και στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, αποδεικνύουν την σημασία της ορθολογικής χρήσης

του νερού με σύγχρονα συστήματα άρδευσης, και μάλιστα απουσία λιπαντικής αγωγής, καθώς καλλιεργητικά έτη όπως το 2006 (βλ. αποδόσεις μάρτυρα) δεν εμπίπτουν στη σφαίρα της οικονομικής προσδοκίας όταν χαρακτηρίζονται από κλιματικά ωφέλιμα, για την καλλιέργεια, δεδομένα.

Εκτιμώντας τους ρυθμούς της παραγωγικής διαδικασίας, όπως αυτή αποτυπώθηκε με τη μέθοδο της γεωστατιστικής τόσο στο επίπεδο όσο και στο χώρο (βλ. παράρτημα – αποτύπωση ξηρής βιομάζας με τη μέθοδο της γεωστατιστικής έτους 2006), παρατηρήθηκε, υπεροχή των κεντρικών σειρών των αρδευόμενων πειραματικών με νοτιοανατολική κατεύθυνση στο σύνολο τους, συμβαδίζοντας με τις αντίστοιχες αποτυπώσεις της χλωρής βιομάζας και των αναπτυξιακών δεικτών. Πιθανές διαφορές σε παραγωγές μεταξύ της χλωρής και της ξηρής βιομάζας στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις προήλθαν, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, από το διαφορετικό στάδιο ωρίμανσης των αδελφωμάτων του κεντρικού στελέχους. Αντίστοιχα με τη προηγούμενη χρονιά στις επαναλήψεις του μάρτυρα παρατηρήθηκε αυξημένη παραγωγική δραστηριότητα των ακραίων σειρών (1^{ης} και 6^{ης}), λόγω και της σχετικής επίδρασης αυτών από τις αντίστοιχες γραμμές άρδευσης των μεταχειρίσεων της επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης.

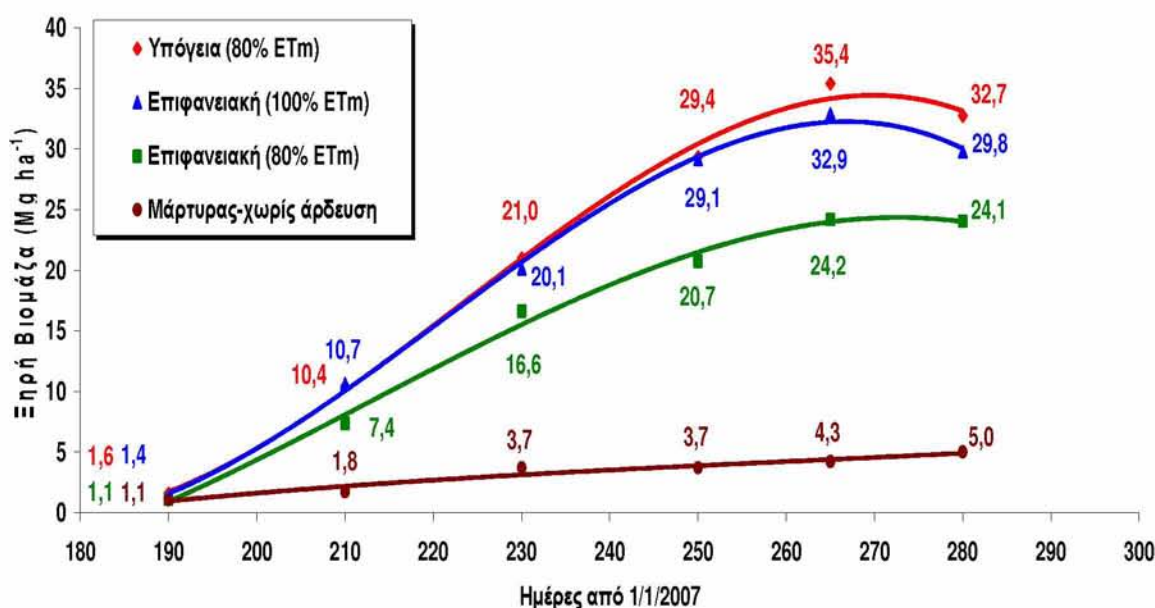
7.18.4 Ξηρή βιομάζα φυτών πρώιμης σποράς έτους 2007

7.18.4.1 Γενικά

Στο διάγραμμα 7.7.6 αποτυπώνεται η εξέλιξη της ξηρής βιομάζας των βλαστών των φυτών για το σύνολο των μεταχειρίσεων για το έτος 2007. Παράλληλα, στο διάγραμμα ράβδων 7.7.7, παρουσιάζεται η παραγωγικότητα σε ξηρή βιομάζα των βλαστών του συνόλου των μεταχειρίσεων για το έτος 2007, ως περιοδικό ρυθμικό μεταβολής.

Οι αντίξοες κλιματικές συνθήκες που επικράτησαν καθ' όλη τη διάρκεια του καλλιεργητικού έτους του 2007 σε συνδυασμό και με τη μείωση των θρεπτικών στοιχείων συνέτειναν στη γενικότερη καθίζηση των παραγωγικών δεικτών της ξηρής βιομάζας του συνόλου των μεταχειρίσεων. Συγκεκριμένα, και μετά την ολοκλήρωση των δύο πρώτων μηνών (60 ημέρες) από τη σπορά (9/7/2007), η υπόγεια στάγδην και η επιφανειακή στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό υπερέιχαν στατιστικώς, σε επίπεδο σημαντικότητας 95% επί του συνόλου των μετρήσεων, της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα (χωρίς άρδευση). Οι μέσες τιμές παραγωγής σε ξηρή βιομάζα ήταν 1,60 Mg ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, 1,42 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, 1,11 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και 1,09 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Οι μεταβολές αυτές ήταν απόλυτα ταυτόσημες με τις αντίστοιχες σε χλωρή βιομάζα. Παράλληλα τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο μέτρησης η περιεκτικότητα σε υγρασία των βλαστών ανήλθε σε ποσοστό 80% στο

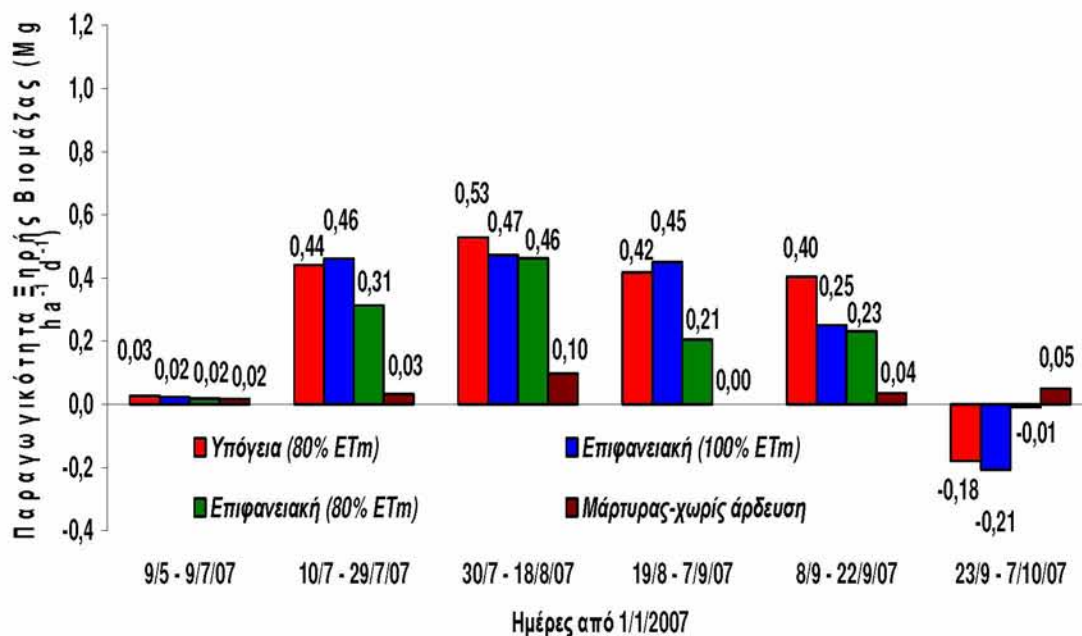
σύνολο των μεταχειρίσεων. Αντίστοιχα, οι ρυθμοί παραγωγικότητας από τη σπορά έως και τις 60 ημέρες της ανάπτυξης, ήταν, στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις $0,03 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, και ακολούθησαν οι επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, οι επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων, και οι επαναλήψεις του μάρτυρα με $0,02 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$.



Διάγραμμα 7.7.6: Εξέλιξη της ξηρής βιομάζας των βλαστών της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων κατά το έτος 2007 (πρώιμη σπορά).

Την αμέσως επόμενη περίοδο μέτρησης μέχρι και τα τέλη Ιουλίου και με τη συμπλήρωση 80 ημερών από τη σπορά, παρατηρήθηκαν στις μεταχειρίσεις, με εξαίρεση την επιφανειακή στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, σημαντικές, σε σχέση και με το 2005, μειώσεις στις μέσες παραγωγές ξηρής βιομάζας των βλαστών, σε ποσοστά έως και 25%. Οι μέσες τιμές παραγωγής που μετρήθηκαν τη συγκεκριμένη περίοδο ήταν $10,43 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, $10,66 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, $7,37 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και $1,75 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Παράλληλα τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η περιεκτικότητα σε υγρασία των βλαστών ήταν, στο σύνολο των μεταχειρίσεων, ελαφρώς μεγαλύτερη του 75%. Οι αντίστοιχοι ρυθμοί παραγωγικότητας της ξηρής βιομάζας στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό ήταν $0,46 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης $0,44 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων $0,31 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, και στις επαναλήψεις του μάρτυρα $0,03 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$.

Η περίοδος από τα τέλη Ιουλίου έως και το δεύτερο δεκαήμερο του Αυγούστου (συμπλήρωση 100 ημερών από τη σπορά), ανέδειξε τους υψηλότερους δείκτες παραγωγικότητας σε ξηρή βιομάζα στο σύνολο των μεταχειρίσεων. Παρατηρήθηκαν λοιπόν τιμές παραγωγικότητας της τάξης των $0,53 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις (ανώτερη τιμή έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης), $0,47 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό (ανώτερη τιμή έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης), $0,46 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό (ανώτερη τιμή έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης), και $0,10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα (ανώτερη τιμή έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης). Οι μέσες τιμές παραγωγής τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης, ήταν $21,00 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, $20,12 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, $16,63 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και $3,71 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η περιεκτικότητα σε υγρασία των βλαστών άγγιξε το 75% στο σύνολο των μεταχειρίσεων. Η εξάντληση των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους παράλληλα με τις υψηλές τιμές επιφανειακής εξάτμισης των μηνών Ιουλίου – Αυγούστου, οδήγησαν στην καθολική μείωση των παραγωγικών ρυθμών σε ξηρή βιομάζα στις μεταχειρίσεις της υπόγειας στάγδην και της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό.



Διάγραμμα 7.7.7: Παραγωγικότητα ξηρής βιομάζας των βλαστών των μεταχειρίσεων του έτους 2007 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

Σημαντική επίσης ήταν η μείωση των τιμών παραγωγικότητας, στο σύνολο των μεταχειρίσεων, την επόμενη περίοδο μέτρησης από το τελευταίο δεκαήμερο του Αυγούστου έως και τα τέλη του πρώτου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου και με τη συμπλήρωση 120 ημερών από τη σπορά. Οι δείκτες παραγωγικότητας διακυμάνθηκαν από 0,00 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα, σε 0,21 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων, σε 0,42 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, έως και 0,45 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις επιφανειακές στο 100% των απαιτήσεων. Οι μέσες τιμές παραγωγής, ήταν 29,36 Mg ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, 29,13 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, 20,73 Mg ha⁻¹, στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και 3,71 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Παράλληλα και τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η περιεκτικότητα σε υγρασία των βλαστών δεν μεταβλήθηκε και κυμάνθηκε σε ποσοστό 75% στο σύνολο των μεταχειρίσεων.

Συμπληρώνοντας 135 ημέρες από τη σπορά, στις αρχές του τελευταίου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου, παρατηρήθηκαν και οι μέγιστες τιμές σε μέσους όρους ξηρής βιομάζας του έτους στο σύνολο των μεταχειρίσεων με εξαίρεση το μάρτυρα. Οι αποδόσεις αυτές κυμάνθηκαν από 4,25 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα, σε 24,19 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, σε 32,90 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, και σε 35,42 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης (μέγιστο έτους όλων των μεταχειρίσεων). Τα στοιχεία μέτρησης ανέδειξαν σαφή πλέον υπεροχή της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι όλων των υπολοίπων μεταχειρίσεων συμπεριλαμβανομένης και της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό. Οι ρυθμοί παραγωγικότητας έλαβαν τη συγκεκριμένη περίοδο για τελευταία φορά θετικές τιμές με εξαίρεση το μάρτυρα. Συγκεκριμένα, οι ρυθμοί παραγωγικότητας ήταν, 0,40 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις και ακολούθησαν οι επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό με 0,25 Mg ha⁻¹ d⁻¹, οι επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις στο 80% των απαιτήσεων σε νερό με 0,23 Mg ha⁻¹ d⁻¹, και οι επαναλήψεις του μάρτυρα με 0,04 Mg ha⁻¹ d⁻¹. Παράλληλα παρατηρήθηκε και μείωση της περιεκτικότητας σε υγρασία των βλαστών κατά 2% στο σύνολο σχεδόν των μεταχειρίσεων. Από τα τέλη Σεπτεμβρίου έως και τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου έκαναν την εμφάνιση τους αρνητικοί ρυθμοί ανάπτυξης και παραγωγικότητας στο σύνολο των μεταχειρίσεων με εξαίρεση το μάρτυρα. Οι αρνητικοί ρυθμοί παραγωγικότητας (βλέπε διάγραμμα 7.7.7), οι οποίοι βέβαια ήταν αποτέλεσμα της γήρανσης της καλλιέργειας και της ολοκλήρωσης της αναπτυξιακής διαδικασίας στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις, ήταν στις υπόγειες στάγδην μεταχειρίσεις -0,18 Mg ha⁻¹ d⁻¹, στις επιφανειακές στο 100% των απαιτήσεων -0,21 Mg ha⁻¹ d⁻¹, και στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων -0,01 Mg ha⁻¹ d⁻¹, και ως αποτέλεσμα είχαν την συνολική μείωση των τελικών αποδόσεων των επαναλήψεων που αρδεύτηκαν ποικιλοτρόπως, λόγω και της αυξημένης

αναπνοής συντήρησης των μηνών Οκτωβρίου – Νοεμβρίου. Εξαίρεση αποτέλεσε ο μάρτυρας (χωρίς άρδευση) του οποίου ο ρυθμός παραγωγικότητας παρέμεινε θετικός, λαμβάνοντας τη τιμή $0,05 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, αποδεικνύοντας για ακόμη μία φορά τη μεγάλη αντοχή της καλλιέργειας στις αντίξοες συνθήκες του Μεσογειακού θέρους της κεντρικής Ελλάδας.

Εκτιμώντας τους ρυθμούς της παραγωγικής διαδικασίας, όπως αυτή αποτυπώθηκε με τη μέθοδο της γεωστατιστικής τόσο στο επίπεδο όσο και στο χώρο (βλ. παράρτημα – αποτύπωση ξηρής βιομάζας με τη μέθοδο της γεωστατιστικής έτους 2007), παρατηρήθηκε υπεροχή των κεντρικών σειρών των αρδευόμενων πειραματικών, συμβαδίζοντας με τις αντίστοιχες αποτυπώσεις σε χλωρή βιομάζα. Η αιτιολογία έγκειται στο γεγονός ότι στις συγκεκριμένες σειρές των φυτών των αρδευόμενων μεταχειρίσεων το νερό διοχετεύτηκε αμφίπλευρα συμπαρασύροντας και τα απαραίτητα για τη θρέψη των φυτών στοιχεία και ιχνοστοιχεία. Αντίστοιχα με τις προηγούμενες χρονιές στις επαναλήψεις του μάρτυρα παρατηρήθηκε αυξημένη παραγωγική δραστηριότητα των ακραίων σειρών (1^{ης} και 6^{ης}), και αντίστοιχα μία χαοτική κατάσταση στις ενδιάμεσες κεντρικές σειρές.

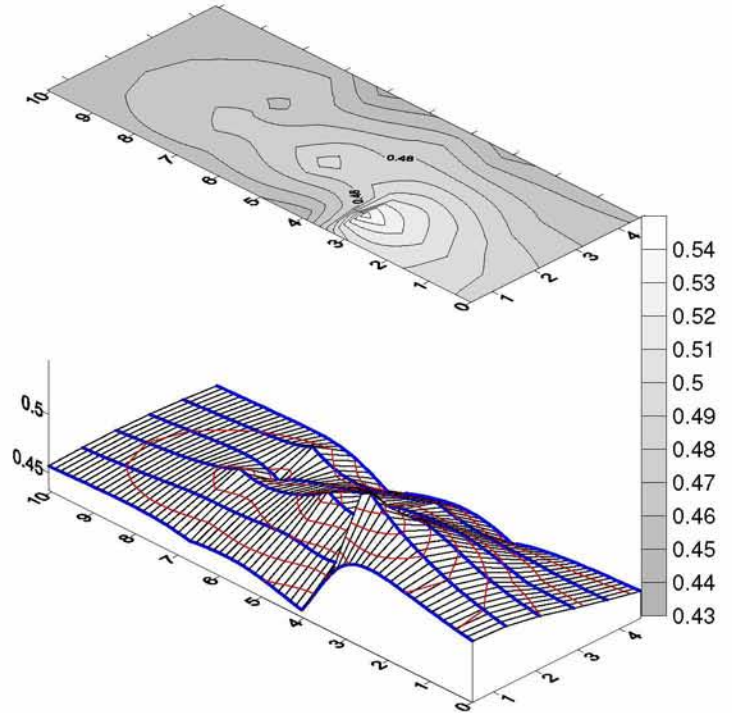
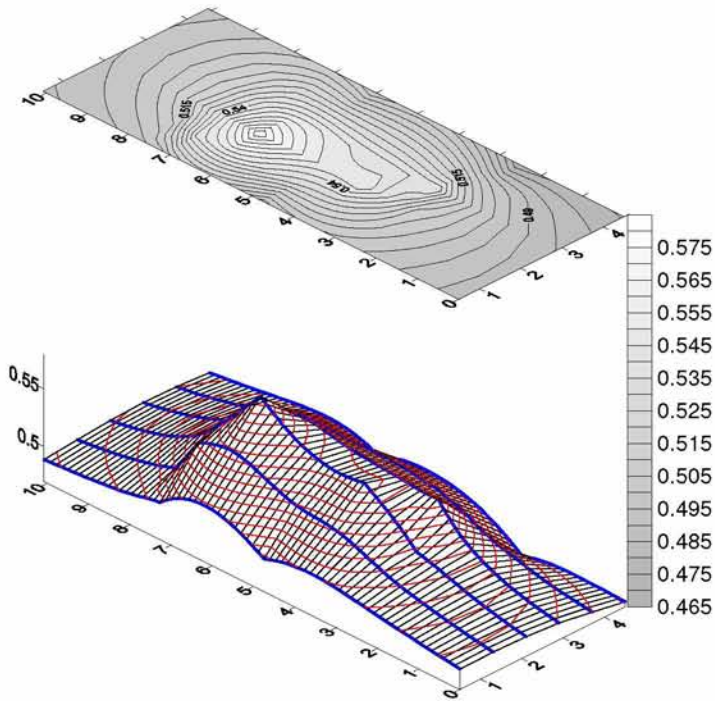
Οι αποδόσεις σε Τ.Ι.Π. του καλλιεργητικού έτους 2007 παρουσιάζονται στον πίνακα 7.4.3.

Πίνακας 7.4.3: Παραγωγή σε Τόνους Ισοδυνάμου Πετρελαίου των μεταχειρίσεων για το έτος 2007			
Μεταχείριση	Ημερομηνία	Μέγιστη τιμή ξηρής βιομάζας (Mg ha^{-1})	Τ.Ι.Π. (Τόνοι Ισοδυνάμων Πετρελαίου)
Υπόγεια στάγδην 80% ETm	22/9/2007	35,42	1,42
Επιφανειακή στάγδην 100% ETm	22/9/2007	32,90	1,32
Επιφανειακή στάγδην 80% ETm	22/9/2007	29,19	0,97
Μάρτυρας-χωρίς άρδευση	7/10/2007	5,02	0,20

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΞΗΡΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ 22/9/2005 – ΔΕΙΓΜΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ

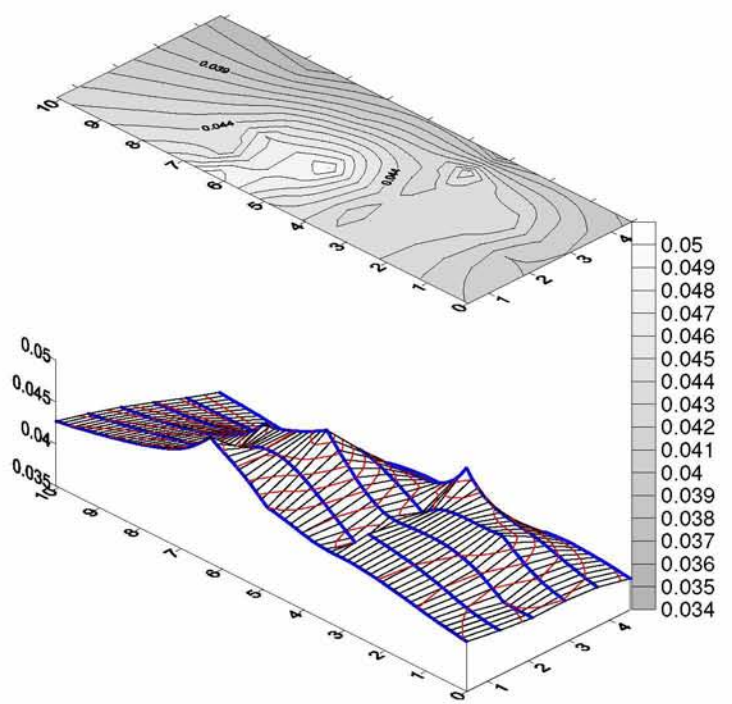
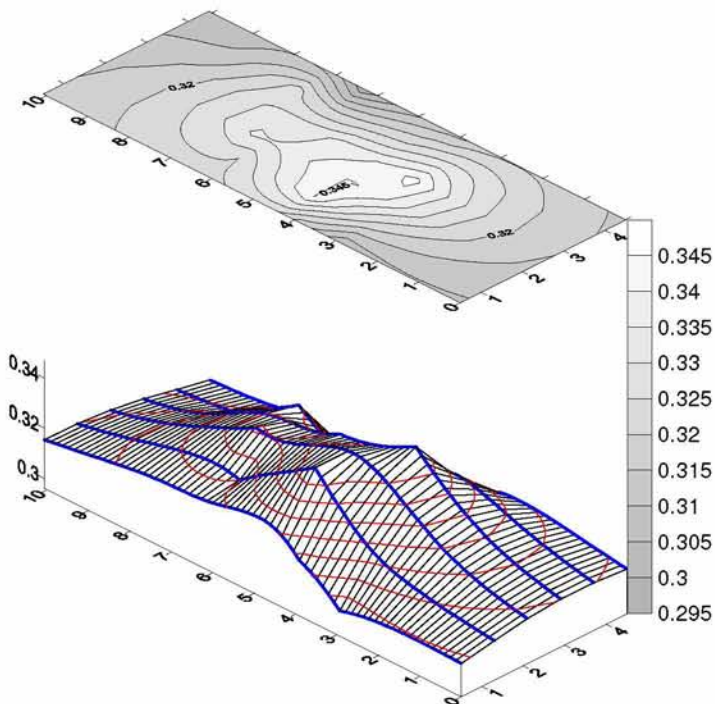
Υ12 – Επανάληψη Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm

Ε3 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 100%ETm



Ε2 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm

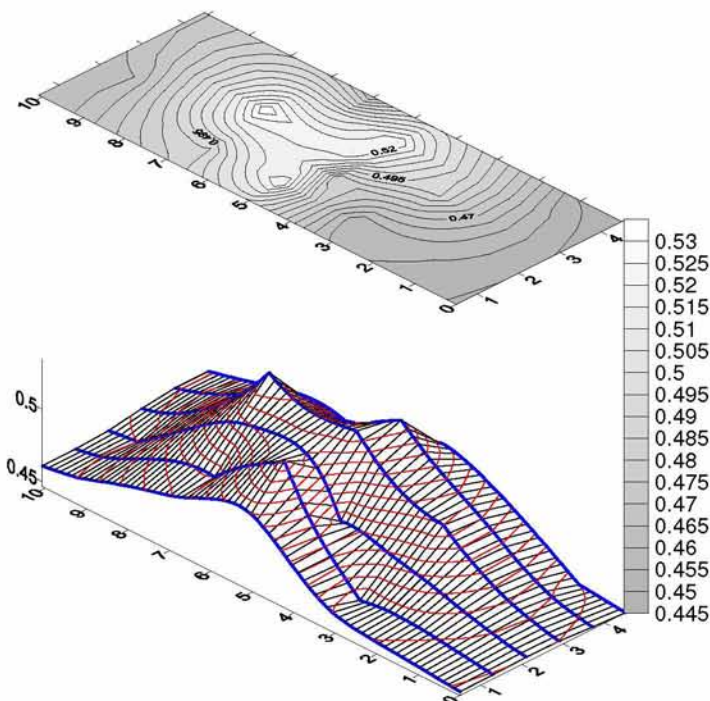
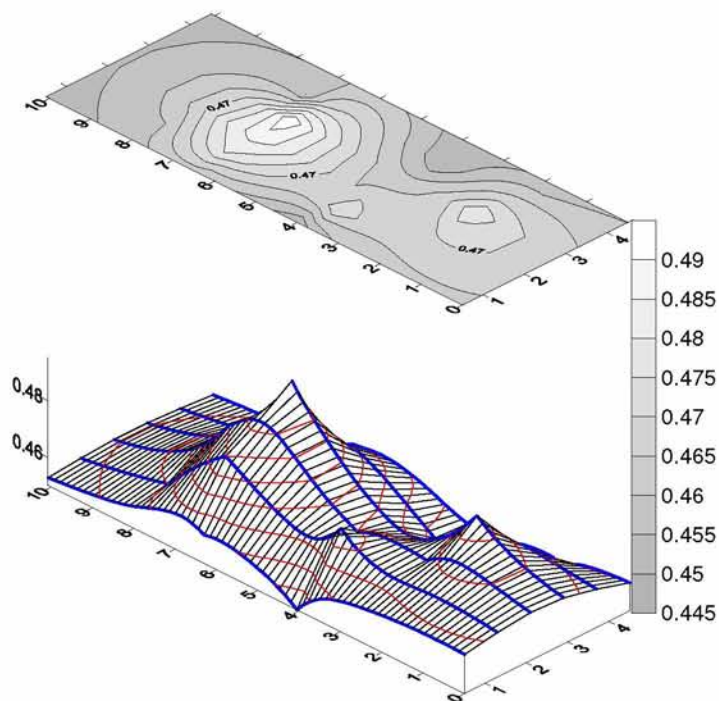
Μ4 – Επανάληψη Μάρτυρα – χωρίς άρδευση



ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΞΗΡΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ 22/9/2006 – ΔΕΙΓΜΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ

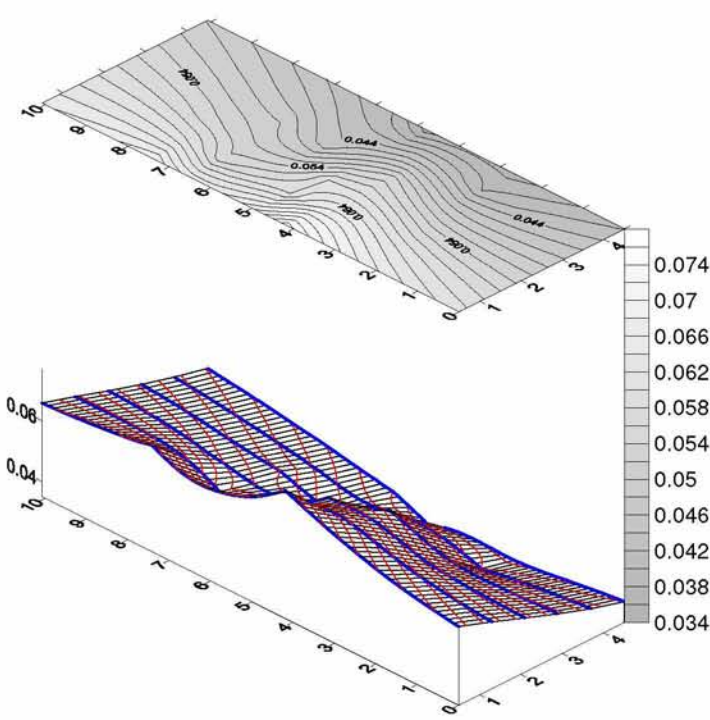
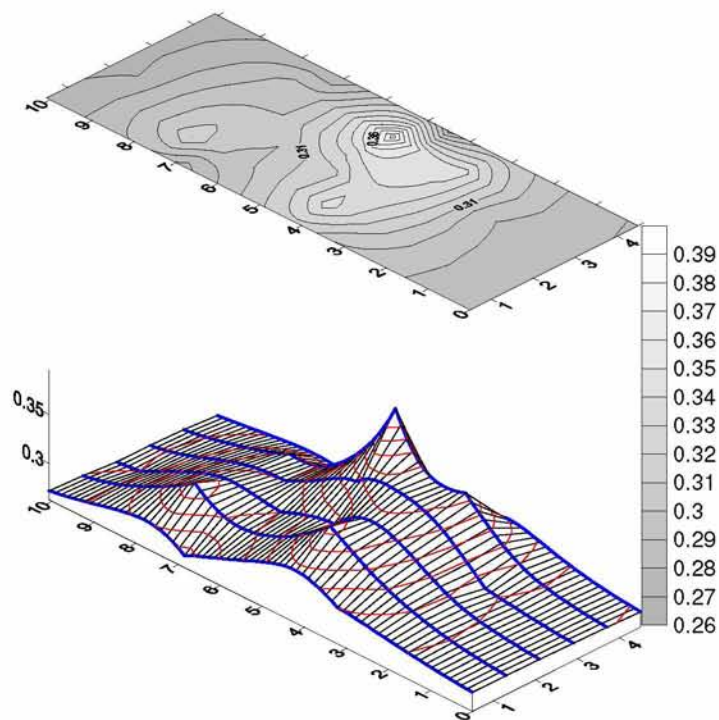
Υ12 – Επανάληψη Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm

Ε3 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 100%ETm



Ε2 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm

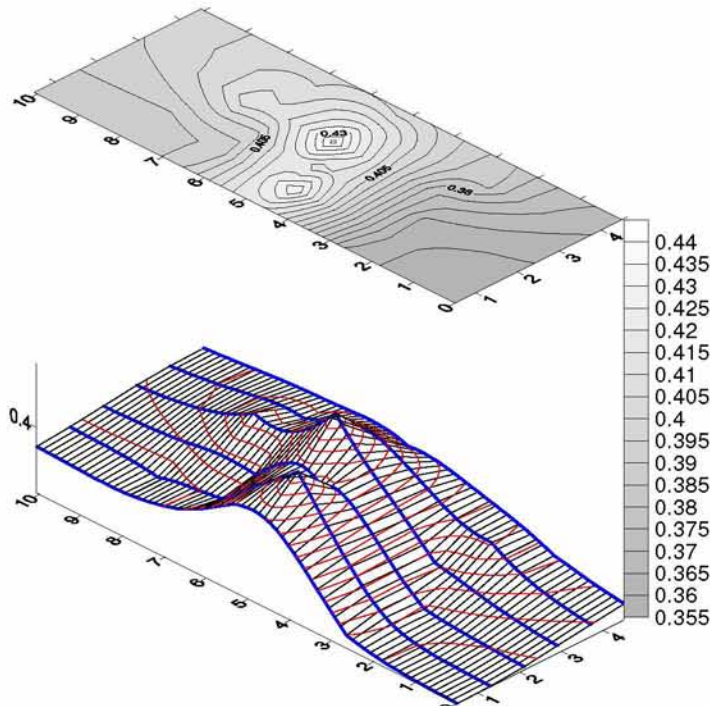
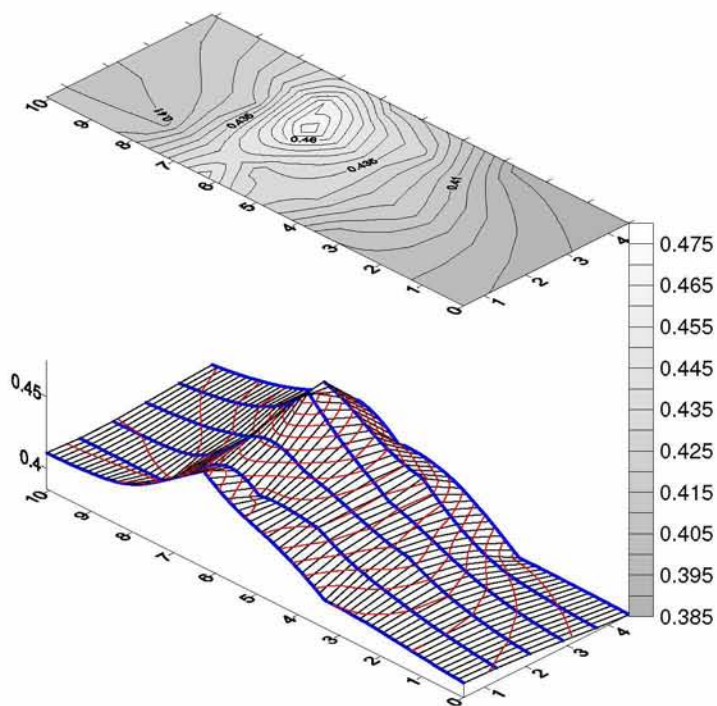
Μ4 – Επανάληψη Μάρτυρα – χωρίς άρδευση



ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΞΗΡΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ 22/9/2007 – ΔΕΙΓΜΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ

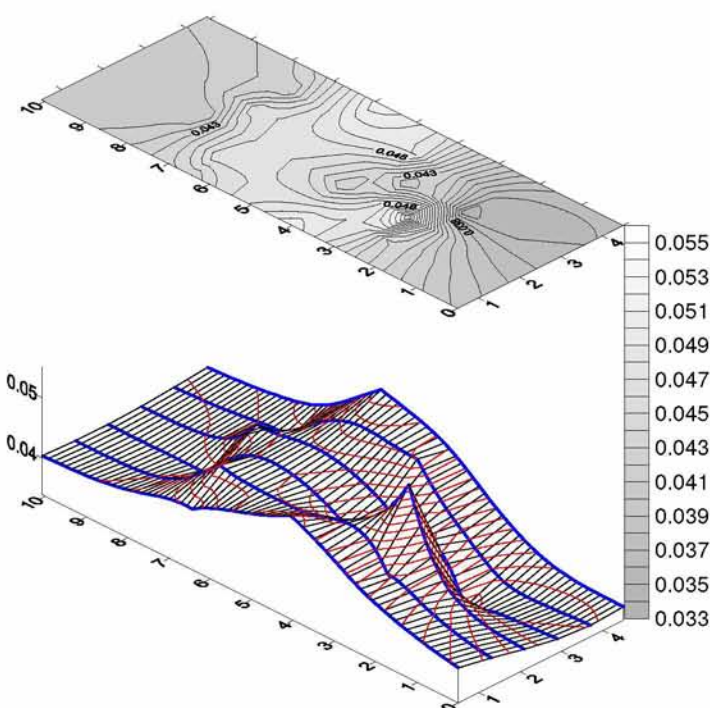
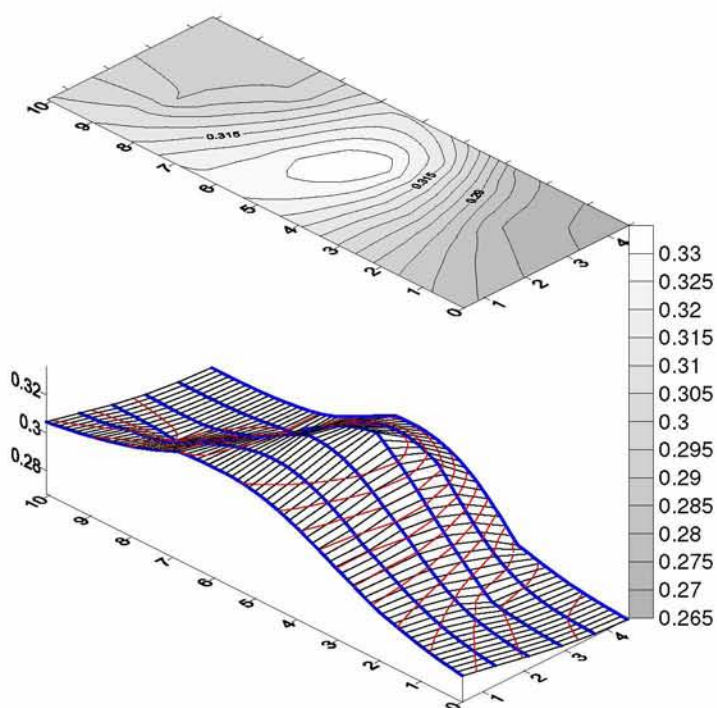
Υ12 – Επανάληψη Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm

Ε3 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 100%ETm



Ε2 – Επανάληψη Επιφανειακής Στάγδην Άρδευσης – 80%ETm

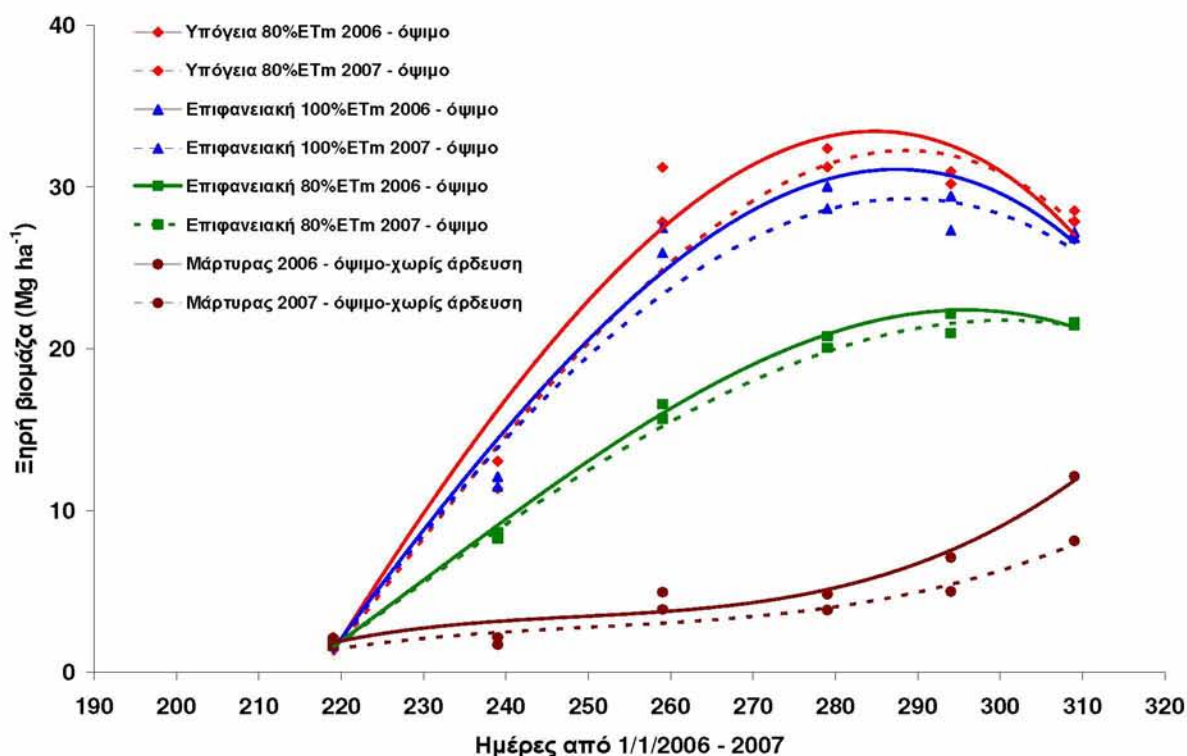
Μ4 – Επανάληψη Μάρτυρα – χωρίς άρδευση



7.19 Ξηρή βιομάζα – όψιμη σπορά

7.19.1 Γενικά

Η εξέλιξη της ξηρής βιομάζας των βλαστών των φυτών, της όψιμης σποράς, όλων των μεταχειρίσεων που έτυχαν διαφορετικής μεθοδολογίας άρδευσης καθώς επίσης και του μάρτυρα για το σύνολο των ετών διεξαγωγής του πειράματος, απεικονίζεται στο διάγραμμα 7.7.8.



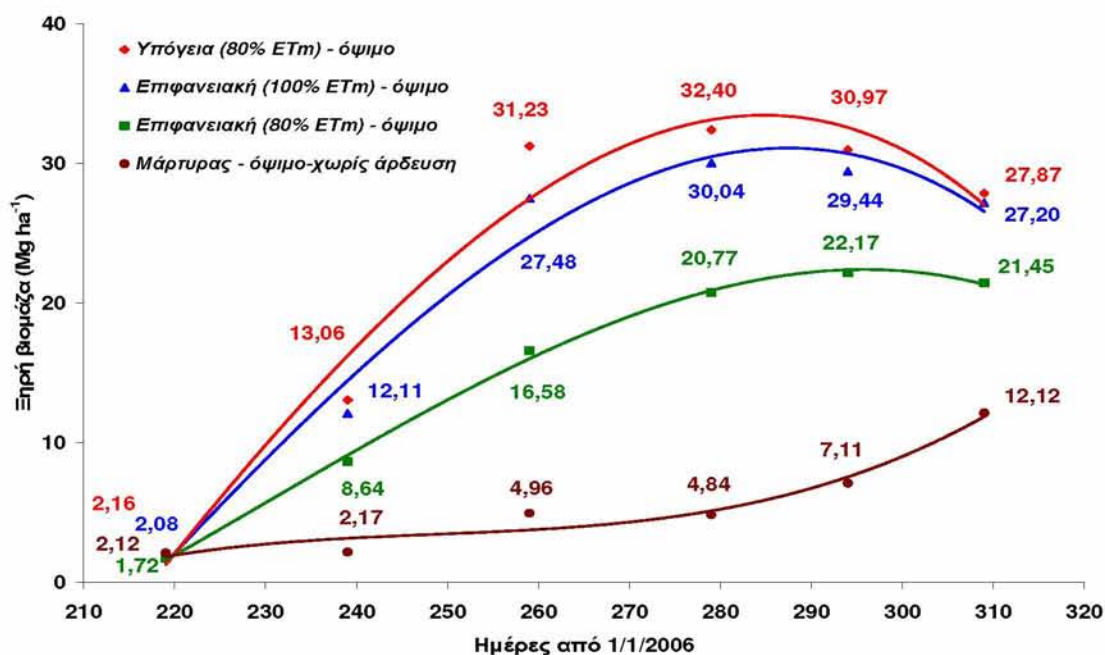
Διάγραμμα 7.7.8: Εξέλιξη της ξηρής βιομάζας των βλαστών της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων και των ετών διεξαγωγής του πειράματος στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο (όψιμη σπορά).

7.19.2 Ξηρή βιομάζα φυτών όψιμης σποράς έτους 2006

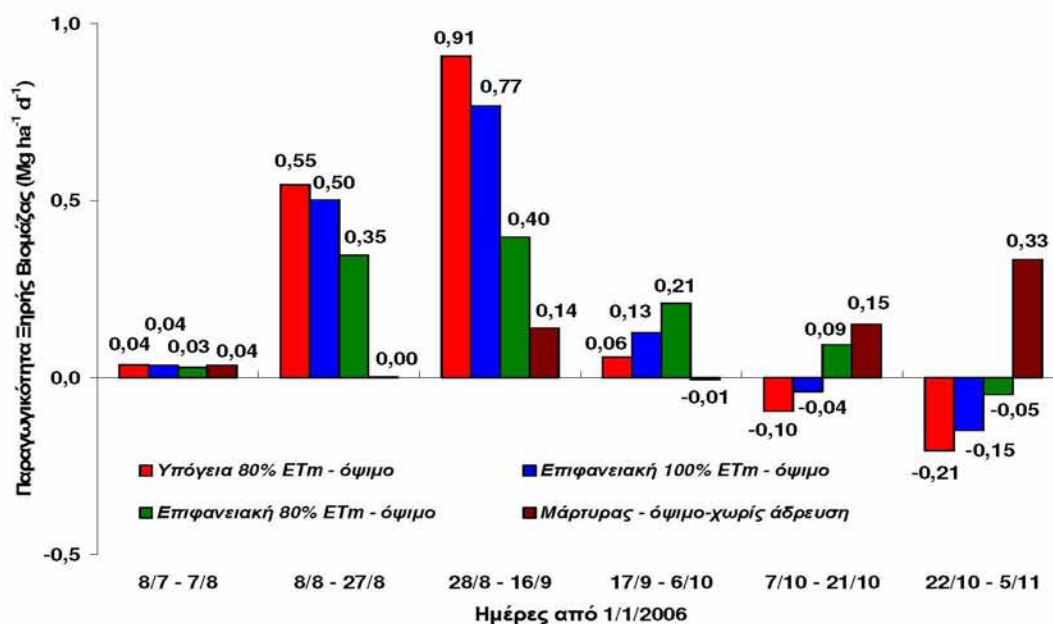
7.19.2.1 Γενικά

Στο διάγραμμα 7.7.9 αποτυπώνεται η εξέλιξη της ξηρής βιομάζας των βλαστών των φυτών για το σύνολο των μεταχειρίσεων για το έτος 2006 και για την όψιμη σπορά. Παράλληλα, στο διάγραμμα ράβδων 7.7.10, παρουσιάζεται η παραγωγικότητα σε ξηρή βιομάζα των βλαστών του συνόλου των μεταχειρίσεων της όψιμης σποράς του έτους 2006, ως περιοδικοί ρυθμοί μεταβολής.

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ



Διάγραμμα 7.7.9: Εξέλιξη της ξηρής βιομάζας των βλαστών της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων κατά το έτος 2006 (όψιμη σπορά).



Διάγραμμα 7.7.10: Παραγωγικότητα ξηρής βιομάζας των βλαστών της όψιμης σποράς των μεταχειρίσεων του έτους 2006 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

Σύμφωνα λοιπόν και με τα αποτελέσματα που προηγήθηκαν το έτος 2006 αποτέλεσε ιδανικό έτος για την ανάπτυξη και παραγωγικότητα του γλυκού σόργου. Οι ευεργετικές βροχοπτώσεις του Ιουνίου και Σεπτεμβρίου, συνεπικουρούμενες από

τις ήπιες ημερήσιες θερμοκρασίες, δημιούργησαν ένα θετικό περιβάλλον για την αύξηση των αποδόσεων στο σύνολο των μεταχειρίσεων.

Τη πρώτη περίοδο μέτρησης και με τη συμπλήρωση 60 ημερών από την όψιμη σπορά (7/8/2006), η υπόγεια στάγδην, η επιφανειακή στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό και ο μάρτυρας υπερείχαν στατιστικώς, σε επίπεδο σημαντικότητας 95% επί του συνόλου των μετρήσεων, της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό. Οι μέσες τιμές παραγωγής σε ξηρή βιομάζα ήταν 2,16 Mg ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, 2,08 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, 1,72 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και 2,12 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Η σημαντική αυτή αύξηση, σε μέση παραγωγή ξηρής βιομάζας των μεταχειρίσεων με εξαίρεση το μάρτυρα, σε σχέση και με τη πρόιμη σπορά του έτους (ποσοστό αύξησης στην όψιμη σπορά 30 – 40%), προέκυψε ως αποτέλεσμα των αυξημένων βροχοπτώσεων του πρώτου και του δευτέρου δεκαημέρου του Ιουνίου οι οποίες και συνέπεσαν με την έναρξη της αναπτυξιακής διαδικασίας. Η περιεκτικότητα σε υγρασία των βλαστών του γλυκού σόργου, τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο, ξεπέρασε στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις το 75% και στις επαναλήψεις του μάρτυρα άγγιξε το 70%. Αντίστοιχα, οι ρυθμοί παραγωγικότητας ήταν, στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων, και στις επαναλήψεις του μάρτυρα 0,04 Mg ha⁻¹ d⁻¹, και ακολούθησαν οι επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων με 0,03 Mg ha⁻¹ d⁻¹.

Με τη συμπλήρωση 80 ημερών από τη σπορά (27/8/2006) παρατηρήθηκαν σημαντικές, σε σχέση και με τη προηγούμενη περίοδο μέτρησης, διαφορές στη παραγωγικότητα των μεταχειρίσεων, ενώ ταυτόχρονα παρουσιάστηκε πλέον σαφή ανωτερότητα της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό. Οι αντίστοιχοι λοιπόν ρυθμοί παραγωγικότητας στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης ήταν 0,55 Mg ha⁻¹ d⁻¹, στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων 0,50 Mg ha⁻¹ d⁻¹, στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων 0,35 Mg ha⁻¹ d⁻¹, και στις επαναλήψεις του μάρτυρα, σχεδόν ανύπαρκτοι, 0,00 Mg ha⁻¹ d⁻¹. Οι μέσες τιμές παραγωγής ήταν 13,06 Mg ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, 12,11 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, 8,64 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και 2,17 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Παράλληλα τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η περιεκτικότητα σε υγρασία των βλαστών στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις ήταν πλησίον του 75%, ενώ στις επαναλήψεις του μάρτυρα άγγιζαν το 70%.

Η περίοδος από τα τέλη Αυγούστου έως και τα μέσα του δευτέρου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου (συμπλήρωση 100 ημερών από την όψιμη σπορά), ανέδειξε τους υψηλότερους δείκτες παραγωγικότητας σε ξηρή βιομάζα στο σύνολο των ετών διεξαγωγής του πειράματος, με εξαίρεση το μάρτυρα, για την όψιμη σπορά.

Παρατηρήθηκαν λοιπόν ανώτατες τιμές παραγωγικότητας της τάξης των $0,91 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις (ανώτερη τιμή όλων των ετών και μεταχειρίσεων για την όψιμη σπορά) ή αλλιώς 91 κιλά αύξηση σε ξηρή βιομάζα βλαστών καθημερινά, $0,77 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό (μέγιστο όλων των ετών της συγκεκριμένης μεταχείρισης για την όψιμη σπορά), $0,40 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό (μέγιστο όλων των ετών της συγκεκριμένης μεταχείρισης για την όψιμη σπορά), και $0,14 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Οι μέσες τιμές παραγωγής τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης, ήταν $31,23 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, $27,48 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, $16,58 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και $4,96 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Με εξαίρεση την επιφανειακή στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, οι υπόλοιπες μεταχειρίσεις της όψιμης σποράς κυμάνθηκαν σε μέσους όρους παραγωγής σε ξηρή βιομάζα ανάλογους με τη πρόιμη σπορά για την αντίστοιχη χρονική περίοδο μέτρησης. Τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η περιεκτικότητα σε υγρασία των βλαστών άγγιξε το 70% στο σύνολο των μεταχειρίσεων ενώ στις επαναλήψεις του μάρτυρα υπολείπονταν ελαφρώς. Η αύξηση του ριζικού συστήματος των φυτών και η διοχέτευση του αρδευτικού νερού υπογείως, οδήγησαν σ' αυτά τα εξαιρετικά αποτελέσματα παραγωγικότητας των επαναλήψεων της υπόγειας στάγδην άρδευσης.

Σημαντική μείωση των τιμών παραγωγικότητας παρουσιάστηκε στο σύνολο των μεταχειρίσεων, και ειδικότερα στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης και του μάρτυρα, την επόμενη περίοδο μέτρησης από τα μέσα του δεύτερου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου έως και το πρώτο δεκαήμερο του Οκτωβρίου και με τη συμπλήρωση 120 ημερών από την όψιμη σπορά. Οι δείκτες παραγωγικότητας διακυμάνθηκαν από $-0,01 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα, σε $0,06 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, σε $0,13 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 100% των απαιτήσεων, έως και $0,21 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων. Οι μέσες τιμές παραγωγής, ήταν $32,40 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις (μέγιστο όλων των ετών των μεταχειρίσεων για την όψιμη σπορά), $30,04 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό (μέγιστο της μεταχείρισης όλων των ετών για την όψιμη σπορά), $20,77 \text{ Mg ha}^{-1}$, στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και $4,84 \text{ Mg ha}^{-1}$, στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Παράλληλα τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η περιεκτικότητα σε υγρασία των βλαστών παρέμεινε στα ίδια με τη προηγούμενη περίοδο επίπεδα του 70% στο σύνολο των μεταχειρίσεων.

Συμπληρώνοντας 135 ημέρες από τη σπορά, στις αρχές του τελευταίου δεκαημέρου του Οκτωβρίου, παρατηρήθηκαν και οι μέγιστες τιμές σε μέσους όρους χλωρής βιομάζας του έτους στις μεταχειρίσεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό. Οι αποδόσεις αυτές κυμάνθηκαν από $7,11 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις

επαναλήψεις του μάρτυρα, σε 22,17 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό (μέγιστο όλων των ετών της συγκεκριμένης μεταχείρισης για την όψιμη σπορά), σε 29,44 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, και σε 30,97 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης. Τα στοιχεία μέτρησης ανέδειξαν σαφή υπεροχή της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι των υπολοίπων μεταχειρίσεων. Οι ρυθμοί παραγωγικότητας έλαβαν τη συγκεκριμένη περίοδο αρνητικές τιμές με εξαίρεση τις επαναλήψεις του μάρτυρα και της επιφανειακής στάγδην άρδευση στο 80% των απαιτήσεων σε νερό. Συγκεκριμένα, οι ρυθμοί παραγωγικότητας ήταν, 0,15 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα και ακολούθησαν οι επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων με 0,09 Mg ha⁻¹ d⁻¹, οι επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων με -0,04 Mg ha⁻¹ d⁻¹, και οι υπόγειες στάγδην επαναλήψεις με -0,10 Mg ha⁻¹ d⁻¹. Ταυτόχρονα παρατηρήθηκε μικρή ποσοστιαία αύξηση, της τάξης των 2 μονάδων, στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις σε περιεκτικότητα των βλαστών σε υγρασία και αντίστοιχη μείωση στις επαναλήψεις του μάρτυρα.

Από τις αρχές του τελευταίου δεκαημέρου του Οκτωβρίου έως και τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου για την όψιμη σπορά (5/11/2006), έκαναν την εμφάνιση τους αρνητικοί ρυθμοί ανάπτυξης και παραγωγικότητας, με εξαίρεση τις επαναλήψεις του μάρτυρα. Οι αρνητικοί ρυθμοί παραγωγικότητας (βλέπε διάγραμμα 7.7.10), οι οποίοι βέβαια προήλθαν από τη γήρανση της καλλιέργειας, ήταν στις υπόγειες στάγδην μεταχειρίσεις -0,21 Mg ha⁻¹ d⁻¹, στις επιφανειακές στο 100% των απαιτήσεων -0,15 Mg ha⁻¹ d⁻¹, και στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων -0,05 Mg ha⁻¹ d⁻¹, και ως αποτέλεσμα είχαν την συνολική μείωση των τελικών αποδόσεων των επαναλήψεων που αρδεύτηκαν ποικιλοτρόπως, λόγω και της αυξημένης αναπνοής συντήρησης των μηνών Οκτωβρίου – Νοεμβρίου. Αντίθετα ο ρυθμός παραγωγικότητας του μάρτυρα παρέμεινε θετικός, λαμβάνοντας την ανώτερη τιμή έτους (0,33 Mg ha⁻¹ d⁻¹). Οι μέσες αποδόσεις σε παραγωγή χλωρής βιομάζας βλαστών κυμάνθηκαν από 12,12 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα (ανώτερη τιμή έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης), σε 21,45 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, σε 27,20 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, και σε 27,87 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης. Ο λόγος ήταν ότι οι επαναλήψεις που δεν αρδεύτηκαν καθόλου ή σε ποσοστό μικρότερο του 100% των αναγκών τους καθυστέρησαν σημαντικά την ανάπτυξή τους με αποτέλεσμα να διαθέτουν επιπλέον αποθέματα για αναπτυξιακή δραστηριότητα, τα οποία ενισχύθηκαν από τις έντονες βροχοπτώσεις των μηνών Σεπτεμβρίου και Οκτωβρίου. Πιθανόν η εξέλιξη της συγκεκριμένης μεταχείρισης του μάρτυρα να δικαιολογούσε οικονομικά μία επιπλέον συγκομιδή, όπως τονίστηκε προηγουμένως και στα αντίστοιχα αποτελέσματα της χλωρής βιομάζας.

Τέλος οι αποδόσεις σε Τ.Ι.Π. του καλλιεργητικού έτους 2006 και για την όψιμη σπορά παρουσιάζονται στον πίνακα 7.7.4.

Πίνακας 7.4.4: Παραγωγή σε Τόνους Ισοδυνάμου Πετρελαίου των μεταχειρίσεων για το έτος 2006

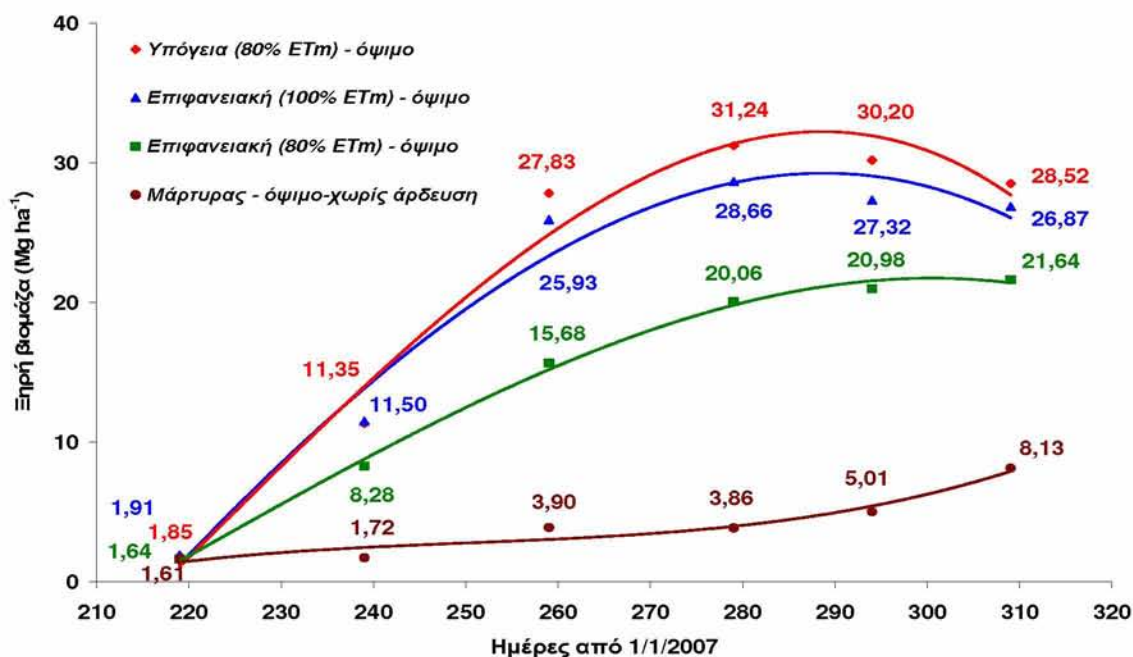
Μεταχείριση	Ημερομηνία	Μέγιστη τιμή ξηρής βιομάζας (Mg ha ⁻¹)	Τ.Ι.Π. (Τόννοι Ισοδυνάμων Πετρελαίου)
Υπόγεια στάγδην 80% ETm	6/10/2006	32,40	1,30
Επιφανειακή στάγδην 100% ETm	6/10/2006	30,04	1,20
Επιφανειακή στάγδην 80% ETm	21/10/2006	22,17	0,89
Μάρτυρας-χωρίς άρδευση	5/11/2006	12,12	0,48

7.19.3 Ξηρή βιομάζα φυτών όψιμης σποράς έτους 2007

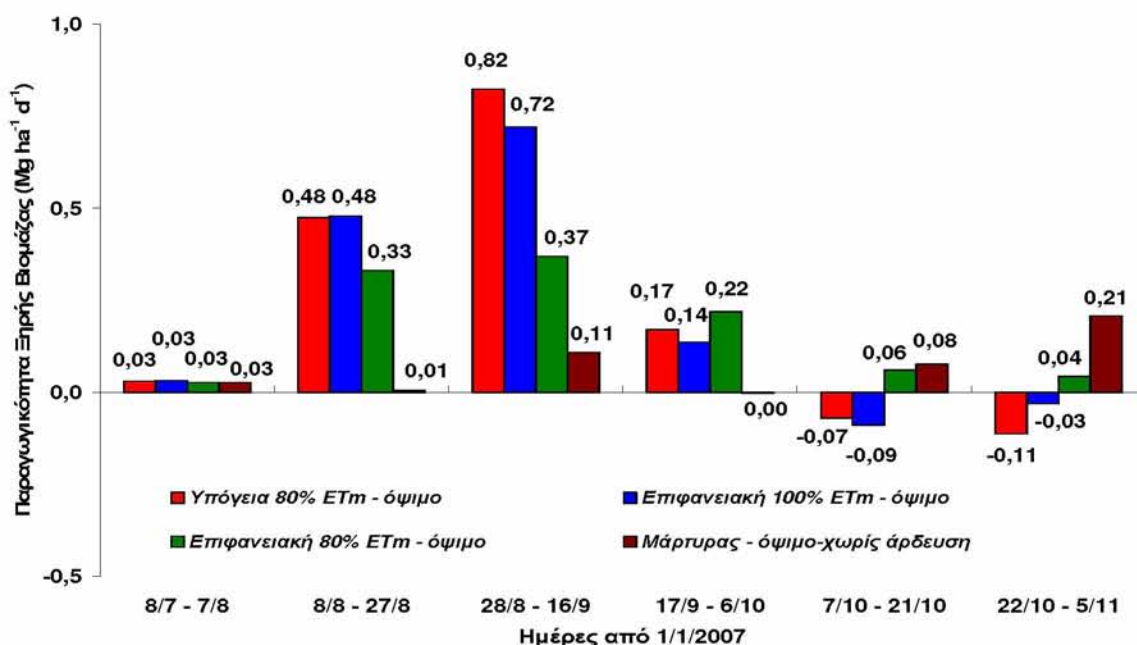
7.19.3.1 Γενικά

Στο διάγραμμα 7.7.11 αποτυπώνεται η εξέλιξη της ξηρής βιομάζας των βλαστών των φυτών για το σύνολο των μεταχειρίσεων για το έτος 2007 και για την όψιμη σπορά. Παράλληλα, στο διάγραμμα ράβδων 7.7.12, παρουσιάζεται η παραγωγικότητα σε ξηρή βιομάζα των βλαστών του συνόλου των μεταχειρίσεων της όψιμης σποράς του έτους 2007, ως περιοδικοί ρυθμοί μεταβολής.

Οι ξηροθερμικές συνθήκες του 2007 και η μείωση των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους δεν επέτρεψαν στο σύνολο των μεταχειρίσεων να επιτύχουν αντίστοιχες με το 2006 αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα. Τη πρώτη περίοδο μέτρησης και με τη συμπλήρωση 60 ημερών από την όψιμη σπορά (7/8/2007), η υπόγεια στάγδην και η επιφανειακή στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό υπερέιχαν στατιστικώς, σε επίπεδο σημαντικότητας 95% επί του συνόλου των μετρήσεων σε μέσους όρους παραγωγής σε ξηρή βιομάζα, της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα (χωρίς άρδευση). Οι μέσες τιμές παραγωγής ήταν 1,85 Mg ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, 1,91 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, 1,64 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και 1,61 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα.



Διάγραμμα 7.7.11: Εξέλιξη της ξηρής βιομάζας των βλαστών της καλλιέργειας του γλυκού σόργου για το σύνολο των μεταχειρίσεων κατά το έτος 2007 (όψιμη σπορά).



Διάγραμμα 7.7.12: Παραγωγικότητα ξηρής βιομάζας των βλαστών της όψιμης σποράς των μεταχειρίσεων του έτους 2007 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

Η σχετική αυτή μείωση, σε μέση παραγωγή ξηρής βιομάζας του συνόλου των μεταχειρίσεων, σε σχέση και με τη προηγούμενη χρονιά, ήταν αποτέλεσμα του

χαμηλού ύψος βροχής του πρώτου και του δεύτερου δεκαημέρου του Ιουνίου. Το ποσοστό υγρασίας στους βλαστούς ήταν ελαφρώς μεγαλύτερο του 75% στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις και του 70% στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Αντίστοιχα, ο ρυθμός παραγωγικότητας ήταν ο ίδιος στο σύνολο των μεταχειρίσεων, $0,03 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$.

Με τη συμπλήρωση 80 ημερών από τη σπορά (27/8/2007) διατηρήθηκε η ανωτερότητα της υπόγειας στάγδην και της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις όσον αφορά τις μέσες αποδόσεις σε παραγωγή ξηρής βιομάζας. Οι αντίστοιχοι λοιπόν ρυθμοί παραγωγικότητας στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης και της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό ήταν $0,48 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων $0,33 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, και στις επαναλήψεις του μάρτυρα, υποτυπώδεις, $0,01 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Οι μέσες τιμές παραγωγής ήταν $11,35 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, $11,50 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, $8,28 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και $1,72 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Παράλληλα τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η περιεκτικότητα των βλαστών σε υγρασία μειώθηκε κατά 2 ποσοστιαίες μονάδες στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις, ενώ παρέμεινε στα ίδια επίπεδα με τη προηγούμενη περίοδο στις επαναλήψεις του μάρτυρα.

Η περίοδος από τα τέλη Αυγούστου έως και τα μέσα του δεύτερου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου (συμπλήρωση 100 ημερών από την όψιμη σπορά), ανέδειξε τους υψηλότερους δείκτες παραγωγικότητας στο σύνολο των μεταχειρίσεων, με εξαίρεση το μάρτυρα. Παρατηρήθηκαν λοιπόν ανώτατες τιμές παραγωγικότητας της τάξης των $0,82 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις (ανώτερη τιμή έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης), $0,72 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό (ανώτερη τιμή έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης), $0,37 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό (ανώτερη τιμή έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης), και $0,11 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Οι μέσες τιμές παραγωγής τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης, ήταν $27,83 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, $25,93 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, $15,68 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και $3,90 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Παράλληλα η περιεκτικότητα σε υγρασία των βλαστών των μεταχειρίσεων ανήλθε σε ποσοστό 70%. Η χορήγηση των αναγκαίων ποσοτήτων αρδευτικού νερού, οδήγησαν σε σημαντική αύξηση των αποδόσεων σε χλωρή βιομάζα στο σύνολο των αρδευόμενων μεταχειρίσεων. Η αύξηση του ριζικού συστήματος των φυτών και η διοχέτευση του αρδευτικού νερού υπογείως, οδήγησαν σ' αυτά τα εξαιρετικά αποτελέσματα παραγωγικότητας των επαναλήψεων της υπόγειας στάγδην άρδευσης.

Αντίστοιχα με τη χλωρή βιομάζα σημαντική μείωση των τιμών παραγωγικότητας της ξηρής βιομάζας παρουσιάστηκε, στο σύνολο των μεταχειρίσεων, την επόμενη περίοδο μέτρησης από τα μέσα του δευτέρου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου έως και το πρώτο δεκαήμερο του Οκτωβρίου και με τη συμπλήρωση 120 ημερών από την όψιμη σπορά. Οι δείκτες παραγωγικότητας διακυμάνθηκαν από 0,00 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα, σε 0,14 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, σε 0,17 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις επιφανειακές στο 100% των απαιτήσεων, έως και 0,22 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων. Οι μέσες τιμές παραγωγής, ήταν 31,24 Mg ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις (μέγιστο έτος της μεταχείρισης για την όψιμη σπορά), 28,66 Mg ha⁻¹ στις επιφανειακές στο 100% των απαιτήσεων σε νερό (μέγιστο έτος της μεταχείρισης για την όψιμη σπορά), 20,06 Mg ha⁻¹, στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και 3,86 Mg ha⁻¹, στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Η ελαχιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας, στο σύνολο των μεταχειρίσεων, ήταν αποτέλεσμα στις μεν επαναλήψεις του μάρτυρα στις ξηροθερμικές συνθήκες της περιόδου που οδήγησαν σε αναστολή της ανάπτυξης (λήθαργος), στις δε αρδευόμενες μεταχειρίσεις στη μείωση των ωρών ηλιοφάνειας και φωτοσυνθετικής δραστηριότητας. Τη συγκεκριμένη περίοδο μέτρησης η περιεκτικότητα σε υγρασία των βλαστών των αρδευόμενων μεταχειρίσεων κυμάνθηκε σε ποσοστό 70%, ενώ στις επαναλήψεις του μάρτυρα υπήρξε υποβάθμιση σε ποσοστά πλησίον του 65%.

Συμπληρώνοντας 135 ημέρες από τη σπορά, στις αρχές του τελευταίου δεκαημέρου του Οκτωβρίου, παρατηρήθηκαν και οι πρώτοι αρνητικοί ρυθμοί παραγωγικότητας στις μεταχειρίσεις της υπόγειας και της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό. Συγκεκριμένα, οι ρυθμοί παραγωγικότητας ήταν, 0,08 Mg ha⁻¹ d⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα και ακολούθησαν οι επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων με 0,06 Mg ha⁻¹ d⁻¹, οι επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης με -0,07 Mg ha⁻¹ d⁻¹, και της επιφανειακής στο 100% των απαιτήσεων σε νερό με -0,09 Mg ha⁻¹ d⁻¹. Οι μέσες αποδόσεις σε παραγωγή χλωρής βιομάζας βλαστών κυμάνθηκαν από 5,01 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα, σε 20,98 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, σε 27,32 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, και σε 30,20 Mg ha⁻¹ στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης. Τα στοιχεία μέτρησης ανέδειξαν σαφή υπεροχή της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι όλων των υπολοίπων μεταχειρίσεων. Η περιεκτικότητα σε υγρασία των βλαστών της φυτείας παρέμεινε στα ίδια επίπεδα με τη προηγούμενη περίοδο για το σύνολο των μεταχειρίσεων.

Από τις αρχές του τελευταίου δεκαημέρου του Οκτωβρίου έως και τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου, για την όψιμη σπορά (5/11/2007), έκαναν την εμφάνιση τους αρνητικοί ρυθμοί ανάπτυξης και παραγωγικότητας, με εξαίρεση τις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και του

μάρτυρα. Οι αρνητικοί ρυθμοί παραγωγικότητας (βλέπε διάγραμμα 7.7.12), οι οποίοι βέβαια ήταν απόρροια της γήρανσης της καλλιέργειας, ήταν στις υπόγειες στάγδην μεταχειρίσεις $-0,11 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, και στις επιφανειακές στο 100% των απαιτήσεων σε νερό $-0,03 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, και ως αποτέλεσμα είχαν την συνολική μείωση των τελικών αποδόσεων σε ξηρή βιομάζα των επαναλήψεων που αρδεύτηκαν ποικιλοτρόπως, λόγω και της μειωμένης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας. Αντίθετα στις επιφανειακές στο 80% των απαιτήσεων ο ρυθμός παραγωγικότητας ήταν θετικός $0,04 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Επίσης ο ρυθμός παραγωγικότητας του μάρτυρα παρέμεινε θετικός, λαμβάνοντας την ανώτερη τιμή του έτους ($0,21 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$). Οι μέσες αποδόσεις σε παραγωγή ξηρής βιομάζας βλαστών κυμάνθηκαν από $8,13 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις του μάρτυρα (ανώτερη τιμή έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης), σε $21,64 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό (ανώτερη τιμή έτους της συγκεκριμένης μεταχείρισης), σε $26,87 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, και σε $28,52 \text{ Mg ha}^{-1}$ στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης.

Τέλος οι αποδόσεις σε Τ.Ι.Π. του καλλιεργητικού έτους 2007 και για την όψιμη σπορά παρουσιάζονται στον πίνακα 7.4.5.

Πίνακας 7.4.5: Παραγωγή σε Τόνους Ισοδυνάμου Πετρελαίου των μεταχειρίσεων για το έτος 2007			
Μεταχείριση	Ημερομηνία	Μέγιστη τιμή ξηρής βιομάζας (Mg ha^{-1})	Τ.Ι.Π. (Τόνοι Ισοδυνάμων Πετρελαίου)
Υπόγεια στάγδην 80% ETm	6/10/2007	31,24	1,25
Επιφανειακή στάγδην 100% ETm	6/10/2007	28,66	1,15
Επιφανειακή στάγδην 80% ETm	5/11/2007	21,64	0,87
Μάρτυρας-χωρίς άρδευση	5/11/2007	8,13	0,33

7.20 Συζήτηση – ξηρή βιομάζα φυτών

Ανακεφαλαιώνοντας, τα χρήσιμα συμπεράσματα που παρήχθησαν από την ολοκλήρωση του πειράματος σχετικά με τους παραγωγικούς δείκτες, ως αποτέλεσμα της μελέτης εξέλιξης της ξηρής βιομάζας των βλαστών, της καλλιέργειας του γλυκού σόργου υπό το καθεστώς διαφορετικών μεταχειρίσεων άρδευσης ήταν τα παρακάτω:

- ✓ Υπήρξε ανωτερότητα στις αποδόσεις της ξηρής βιομάζας των βλαστών με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης στο σύνολο των ετών πραγματοποίησης του πειράματος, τόσο για τη πρώιμη (με εξαίρεση το έτος 2006) όσο και για την όψιμη σπορά, εξαιτίας της άμεσης πρόσβασης του αρδευτικού νερού στο ενεργό κομμάτι του ριζοστρώματος των φυτών και της διατήρησης ικανοποιητικών τιμών εδαφικής υγρασίας, στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, για 2 – 3 ημέρες μετά την ολοκλήρωση της άρδευσης.
- ✓ Για αναλογικά ισόποσες χορηγούμενες δόσεις άρδευσης η υπόγεια στάγδην άρδευση υπερτερεί της επιφανειακής στάγδην σε παραγωγικούς ρυθμούς και σε τελικές μέσες αποδόσεις ξηρής βιομάζας, λόγω των αυξημένων απωλειών επιφανειακής εξάτμισης.
- ✓ Σε χρονιές με υψηλές απαιτήσεις σε αρδευτικό νερό η υπόγεια στάγδην άρδευση υπερτερεί της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, με μεγιστοποίηση των τελικών αποδόσεων σε ξηρή βιομάζα, ενώ οι διαφορές εξισώνονται όταν οι απαιτήσεις σε αρδευτικό νερό μειώνονται και οι μέσες θερμοκρασίες ημέρας γίνονται ηπιότερες.
- ✓ Παρατηρήθηκαν υψηλοί ρυθμοί παραγωγικότητας, ειδικότερα στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, στο σύνολο των ετών της έρευνας και σε συγκεκριμένα χρονοδιαστήματα (30/7 – 18/8 πρώιμη σπορά 2005, 28/8 – 16/9 όψιμη σπορά 2006), της τάξης των 91 – 98 κιλών ημερήσια αύξηση σε ξηρή βιομάζα στο στρέμμα, και παράλληλα πρώιμη εμφάνιση υψηλών αποδόσεων στις επιφανειακές στάγδην μεταχειρίσεις.
- ✓ Το δυναμικό παραγωγής του γλυκού σόργου (C₄ φυτό) για τα δεδομένα της Μεσογείου (4,0 τόνοι ξηρής βιομάζας στο στρέμμα), ξεπεράστηκε στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης με τη πρώιμη σπορά του έτους 2005 και στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις στο 100% των απαιτήσεων σε νερό με τη πρώιμη σπορά του έτους 2006.
- ✓ Η θεωρητική απόδοση της ξηρής βιομάζας σε T.I.P. (Τόνους Ισοδυνάμου Πετρελαίου) κυμάνθηκε σε τιμές 1,0 – 1,7 T.I.P. στο σύνολο των αρδευόμενων μεταχειρίσεων της πρώιμης σποράς και ήταν υποβαθμισμένη σε ποσοστά 20 – 25% στις αντίστοιχες μεταχειρίσεις της όψιμης σποράς.
- ✓ Οι όψιμες σπορές (αρχές Ιουνίου) της καλλιέργειας του γλυκού σόργου, για το Μεσογειακό θέρος της κεντρικής Ελλάδας, δεν ήταν εξίσου αποδοτικές με τις

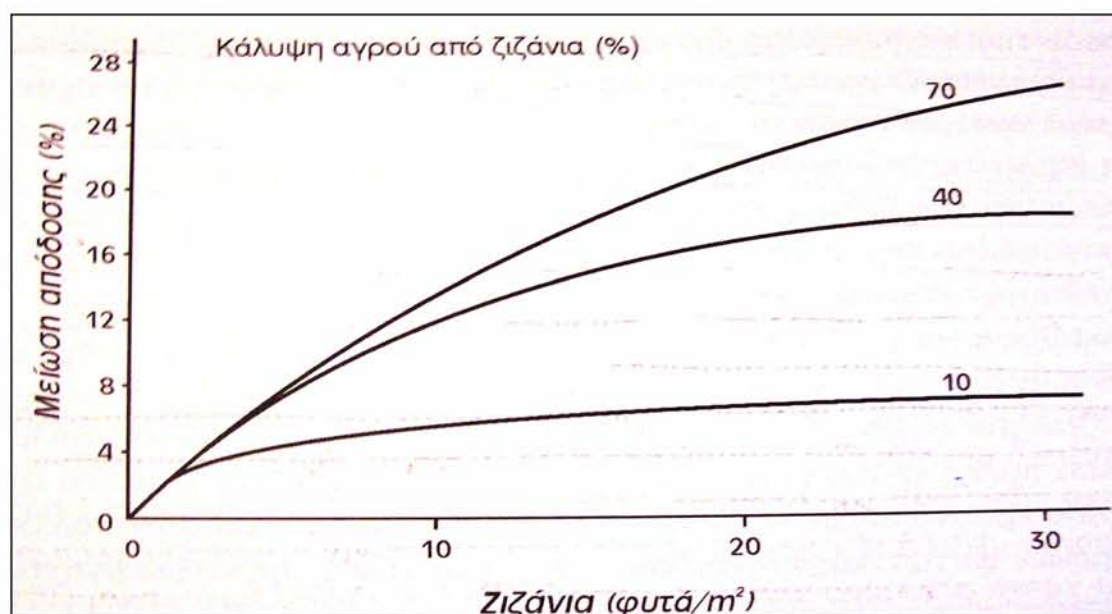
αντίστοιχες πρώιμες σπορές (μέση μέγιστη απόδοση σε ξηρή βιομάζα 3,24 τόνοι στο στρέμμα), εκτός εάν αποφασιστεί καλλιέργεια με ελάχιστες έως μηδενικές εισροές σε αρδευτικό νερό (μείωση και της οικονομικής προσόδου).

- ✓ Παρατηρήθηκαν, στις επαναλήψεις του μάρτυρα, λόγω των αυξημένων ενεργειακών απαιτήσεων σε αναπνοή συντήρησης και της μειωμένης έντασης ακτινοβολίας, μεγαλύτερες αποδόσεις σε χλωρή βιομάζα στις όψιμες επαναλήψεις και αντίστροφα μεγαλύτερες αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα των πρώιμων επαναλήψεων (διαφορές στην υγρασία των βλαστών – μείωση του αναπτυξιακού – παραγωγικού κύκλου της καλλιέργειας).
- ✓ Η σύγκριση των αποδόσεων μεταξύ της πρώιμης και της όψιμης σποράς ανέδειξε, για το έτος 2006, μείωση των αποδόσεων στις όψιμες αρδευόμενες μεταχειρίσεις σε ποσοστά 17 – 30% με αντίστροφα εξοικονόμηση νερού σε ποσοστό 12,5%, και για το έτος 2007, 7 – 17% μείωση αποδόσεων με αντίστροφα 7,5% εξοικονόμηση σε αρδευτικό νερό. Παρότι για τη πρώιμη σπορά δε νοείται μείωση των αρδεύσεων, λόγω των υψηλών απαιτήσεων σε εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας, μία πιθανή ελάττωση των εφαρμογών στην όψιμη σπορά στα μέσα Σεπτεμβρίου, με σκοπό την αύξηση της εξοικονόμησης σε αρδευτικό νερό, πιθανόν να ήταν εφικτή.
- ✓ Από τα πρώτα αποτελέσματα ως βέλτιστος χρόνος συγκομιδής για τις αρδευόμενες μεταχειρίσεις θεωρείται η περίοδος από τα τέλη Σεπτεμβρίου (20/9) έως και τις αρχές Οκτωβρίου (5/10) για τη πρώιμη σπορά και από τις αρχές Οκτωβρίου (10/10) έως και τις αρχές Νοεμβρίου (1/11) για την όψιμη σπορά.
- ✓ Η αποτύπωση της εξελικτικής πορείας των πειραματικών με τη μέθοδο της γεωστατιστικής, ανέδειξε σαφή υπεροχή των κεντρικών σειρών με ανατολικό προσανατολισμό.
- ✓ Απαραίτητη θεωρείται η χορήγηση λιπαντικής αγωγής μετά το πέρας δύο συναπτών ετών καλλιέργειας του αγρού με γλυκό σόργο, ειδικότερα σε εδάφη χαμηλής έως και μέτριας γονιμότητας. Έχει αποδειχθεί άλλωστε ότι για παραγωγές της τάξης των 0,2 Mg ha⁻¹ σε ξηρή βιομάζα απαιτούνται περίπου, 15 kg αζώτου (15 kg N), 1,8 kg φωσφόρου (8,2 kg P₂O₅) και 13,5 kg καλίου (32 kg K₂O).

7.21 Επίδραση χορήγησης ριζοαπωθητικού στην υπόγεια άρδευση

7.21.1 Ζιζάνια – γενικά

Τη σημερινή εποχή με τη μείωση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων και των ανθρώπων που απασχολούν και τη παράλληλη αύξηση του βιοτικού επιπέδου αλλά και του πληθυσμού του πλανήτη, ο κυριότερος στόχος της σύγχρονης γεωργίας θα πρέπει να είναι η μεγιστοποίηση της παραγωγής με τη εξασφάλιση της αειφορίας και του περιβάλλοντος διαβίωσης. Για τη μεγιστοποίηση της παραγωγής, με παράλληλο σεβασμό προς το φυσικό περιβάλλον, ένα σημαντικό μέτρο είναι ο έλεγχος της ανάπτυξης των ζιζανίων. Ο έλεγχος των ζιζανίων αποτελεί στόχο καίριας σημασίας διότι ανταγωνίζονται ισχυρά τα καλλιεργούμενα φυτά ως προς την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, τη διαθεσιμότητα του εδαφικού νερού και των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους, μειώνοντας σημαντικά τις στρεμματικές αποδόσεις. Παράλληλα, τα ζιζάνια αποτελούν ξενιστές πολλών επιβλαβών μικροοργανισμών, οι οποίοι προκαλούν σοβαρές ασθένειες στις καλλιέργειες. Στο σχήμα 7.8.1 απεικονίζεται η μείωση της παραγωγής που προκαλείται από τα ζιζάνια ανάλογα με την πυκνότητα τους και το ποσοστό κάλυψης του εδάφους.



Διάγραμμα 7.8.1: Σχέση μεταξύ του ποσοστού κάλυψης του αγρού από τα ζιζάνια και της μείωσης της απόδοσης των καλλιεργούμενων φυτών.

Ο όρος ζιζάνιο με την ευρύτερη έννοια αναφέρεται σε «κάθε φυτό που αναπτύσσεται εκεί όπου και όταν δεν είναι επιθυμητό» (Ελευθεροχωρινός, 2002). Πέρα όμως από τον παραπάνω ορισμό η επιστήμη μελέτης των ζιζανίων

(ζιζανιολογία) δέχεται και τον οικολογικό ορισμό, δηλαδή ότι «τα ζιζάνια είναι φυτά που η χρησιμότητα τους δεν είναι ακόμα καλά γνωστή στον άνθρωπο» (Λόλας, 1997).

Παρακάτω θα ακολουθήσει σύντομη αναφορά των ζιζανίων που αναπτύχθηκαν, για το καλλιεργητικό έτος 2006, στα πειραματικά του γλυκού σόργου καθώς επίσης και η επίδραση του ζιζανιοκτόνου που χρησιμοποιήθηκε για την αποτροπή παρείσφυσης της ρίζας στην υπόγεια στάγδην άρδευση.

7.21.2 Ζιζάνια της έρευνας

Κατά τη διάρκεια της έρευνας για το καλλιεργητικό έτος 2006 τα κυριότερα ζιζάνια που αναπτύχθηκαν στα πειραματικά τεμάχια αλφαβητικά ήταν τα ακόλουθα:

1. Αγριάδα (*Cynodon dactylon*)
2. Αγριοτομάτα (*Solanum nigrum*)
3. Γλυστρίδα (*Portulaca oleraceae*)
4. Λουβουδία (*Chenopodium album*)
5. Περικοκλάδα (*Convolvulus arvensis*)
6. Σετάρια (*Setaria spp.*)
7. Τριβόλι (*Tribulus terrestris L.*)

7.21.3 Ζιζανιοκτόνα

7.21.3.1 Γενικά

Τα ζιζάνια όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του κεφαλαίου προκαλούν σημαντικές απώλειες στην παραγωγή μιας καλλιέργειας. Για το σκοπό αυτό έχουν εφαρμοστεί διάφορες μέθοδοι για το έλεγχό τους. Οι μέθοδοι αντιμετώπισης των ζιζανίων είναι οι ακόλουθες:

1) το βοτάνισμα, 2) η μηχανική μέθοδος, 3) τα καλλιεργητικά μέτρα, 4) το κάψιμο των ζιζανίων, 5) η κάλυψη του εδάφους, 6) η κατάκλιση ή η αποστράγγιση, 7) η ηλιοαπολύμανση, 8) η βιολογική μέθοδος, και 9) η χημική μέθοδος (Ελευθεροχωρινός, 2002). Από όλες τις προαναφερθείσες μεθόδους η χημική μέθοδος αποτελεί αναμφίβολα ένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα στη βελτίωση των καλλιεργητικών φροντίδων κατά τη διαδικασία παραγωγής των γεωργικών προϊόντων (Ελευθεροχωρινός, 2002).

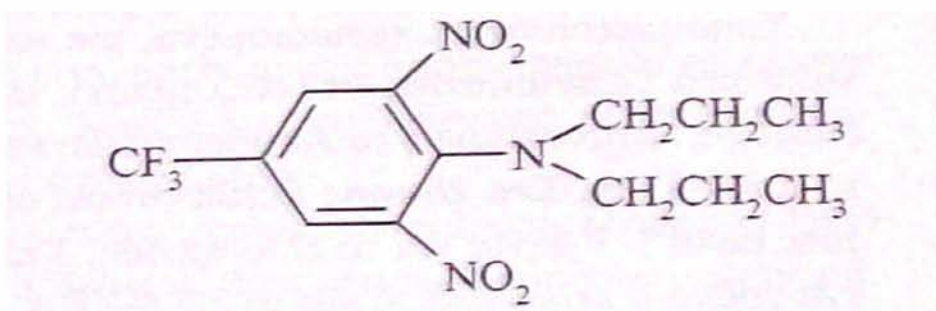
7.21.3.2 Δινιτροανιλίνες

Ως χημικό "πυρήνα" τα παραπάνω ζιζανιοκτόνα χρησιμοποιούν την ανιλίνη με δύο νιτροομάδες στις θέσεις 2 και 6 του φαινυλικού δακτυλίου. Έχουν χρώμα κίτρινο και μικρή υδατοδιαλυτότητα. Ο υποκαταστάτης της τέταρτης θέσης καθορίζει τις δύο

υποομάδες των δινιτροανιλίνων και τις ιδιότητες τους. Έτσι, παρατηρούνται δύο υποομάδες: α) η 2,6 – δινιτρο – 4 – σουλφονυλανιλίνες, με $R_1 = -HSO_2$ και β) η 2,6 – δινιτρο – 4 – μεθυλανιλίνες, όπου $R_1 = -CH_3$. Τα ζιζανιοκτόνα της πρώτης υποομάδας εκπλένονται πιο εύκολα, είναι λιγότερο πτητικά και λιγότερο ευαίσθητα στο φως από ότι τα ζιζανιοκτόνα της δεύτερης υποομάδας (Ελευθεροχωρινός, 2002). Χρησιμοποιούνται ως προφυτρωτικά ενσωματωμένα ζιζανιοκτόνα. Οι δινιτροανιλίνες ελέγχουν τα πιο συνηθισμένα ετήσια αγρωστώδη και πλατύφυλλα ζιζάνια, περισσότερο όμως τα αγρωστώδη. Εισέρχονται στα φυτά από τη ρίζα ή το βλαστό, καθώς αυτός μεγαλώνει και εξέρχεται από το έδαφος. Η μετακίνηση τους είναι περιορισμένη στο ξύλωμα. Οι δινιτρονιλίνες δρουν παρεμποδίζοντας τη μίτωση – κυτταροδιαίρεση στο ριζικό σύστημα και ειδικότερα τον πολυμερισμό και τη συμμετοχή της πρωτεΐνης τουμπουλίνης στο σχηματισμό της ατράκτου. Επίσης, οι δινιτροανιλίνες είναι ζιζανιοκτόνα πολύ, μέτρια ή καθόλου πτητικά, γι' αυτό ορισμένα είναι ενσωματωμένα, ανάλογα με το ζιζανιοκτόνο και φωτο – αποσυντίθενται σχετικά εύκολα (Λόλας, 2003). Η παραμονή τους στο έδαφος, ανάλογα πάντοτε με τη δόση εφαρμογής τους και τις συνθήκες του περιβάλλοντος, κυμαίνεται από 3 έως και 12 μήνες. Οι περισσότερες δινιτροανιλίνες, πρακτικά δεν εκπλένονται στο έδαφος (βαθμός έκπλυσης 1), γι' αυτό η ενσωμάτωσή τους στο βάθος όπου φυτρώνουν τα περισσότερα ζιζάνια είναι απαραίτητη για την αύξηση της αποτελεσματικότητάς τους (Ελευθεροχωρινός, 2002).

7.21.3.3 Trifluralin

Το Trifluralin (Treflan κ.α.), ανήκει στην χημική ομάδα των δινιτροανιλίνων. Είναι προσπαρτικό ενσωματούμενο, εκλεκτικό σε αραχίδα, βαμβάκι, ηλιάνθο, κουνουπίδι, λάχανο, φασόλια και προφυτευτικό στη τομάτα, πιπεριά, λάχανο. Μαζί με τα συνηθισμένα αγρωστώδη – πλατύφυλλα ζιζάνια ελέγχει και το τριβόλι, όχι όμως και την αγριοτομάτα. Η ενσωμάτωσή του δεν πρέπει να καθυστερεί πέρα από 24 ώρες. Συνθήκες στρες στα φυτά ενδέχεται να υποβοηθήσουν την φυτοτοξικότητά του. Είναι αποτελεσματικό σε ισχυρά οργανικά εδάφη και συνδυάζεται με πολλά ζιζανιοκτόνα (Λόλας, 2003).



Σχήμα 7.1: Χημική βάση του ριζοαπωθητικού Trifluralin (Treflan)



Φωτογραφία 7.1: Φίλτρο τριφλουραλίνης που χρησιμοποιήθηκε

7.21.4 Υλικά και μέθοδοι ριζοαποθητικού

Για την αποτροπή παρείσφυσης της ρίζας στους σταλακτήρες της υπόγειας στάγδην άρδευσης, τοποθετήθηκε ειδικό φίλτρο δίσκων (της εταιρίας Netafim), εμπλουτισμένο με Trifluralin (ζιζανιοκτόνο της ομάδας των δινιτροανιλίνων), με εξωτερικές διαστάσεις 27,5 cm x 14,0 cm x 14,5 cm και βάρος 1,27 kg. Οι διαστάσεις του συστήματος των δίσκων ήταν 21,0 cm x 8,5 cm x 8,5 cm και βάρους 0,38 kg. Η μέγιστη παροχή νερού του φίλτρου ανέρχονταν στα 6.000 l h⁻¹ (www.netafim.com). Η ποσότητα του ζιζανιοκτόνου που εμπεριέχονταν στο φίλτρο είναι της τάξης των ppb (part per billion).

Οι μετρήσεις του πληθυσμού των ζιζανίων πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση ενός τετράγωνου ξύλινου πλαισίου, διαστάσεων 0,50 m x 0,50 m και παράλληλα χρησιμοποιήθηκε ειδική ζυγαριά ακριβείας με μέγιστο αποδεκτό βάρος 100 kg.

Η εξέλιξη του πληθυσμού των ζιζανίων μετρήθηκε συνολικά σε 7 μετρήσεις, (στις 11/05, 20/06, 20/07, 04/08, 29/08, 14/09, και 02/10/2006). Για την μέτρηση του πληθυσμού πραγματοποιήθηκαν, για το κάθε πειραματικό τεμάχιο ξεχωριστά, 5 ρίζες του ξύλινου πλαισίου σε τυχαία κάθε φορά σημεία και κατόπιν καταγραφόταν ο αριθμός και το είδος των ζιζανίων. Επακολούθωσε, στον αγρό, μέτρηση της χλωρής βιομάζας των ζιζανίων και εν συνεχεία τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε χάρτινες

σακούλες εντός ειδικών κλιβάνων, μέχρι σταθεροποίησης των βαρών τους, για τον υπολογισμό της ξηρής τους βιομάζας.



Φωτογραφία 7.2: Ξύλινο πλαίσιο μέτρησης ζιζανίων

7.21.5 Αποτελέσματα επίδρασης ριζοαποθητικού

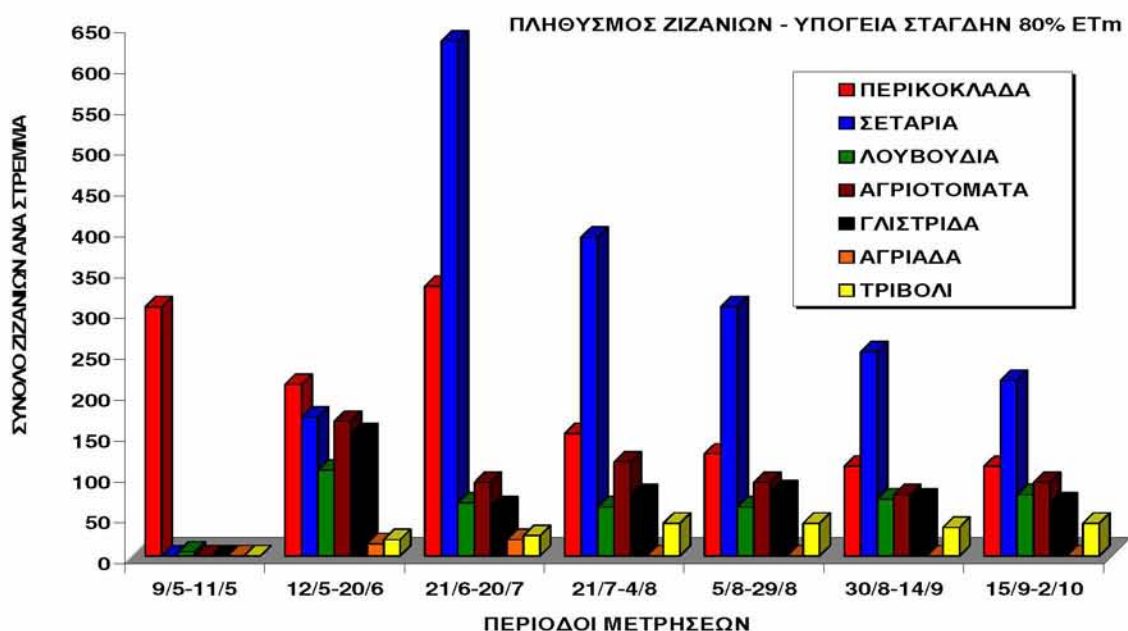
7.21.5.1 Πληθυσμός ζιζανίων – συζήτηση

Στα διαγράμματα 7.8.2 έως και 7.8.5 απεικονίζονται οι πληθυσμοί των ζιζανίων, στο σύνολο των μεταχειρίσεων, για το καλλιεργητικό έτος 2006.

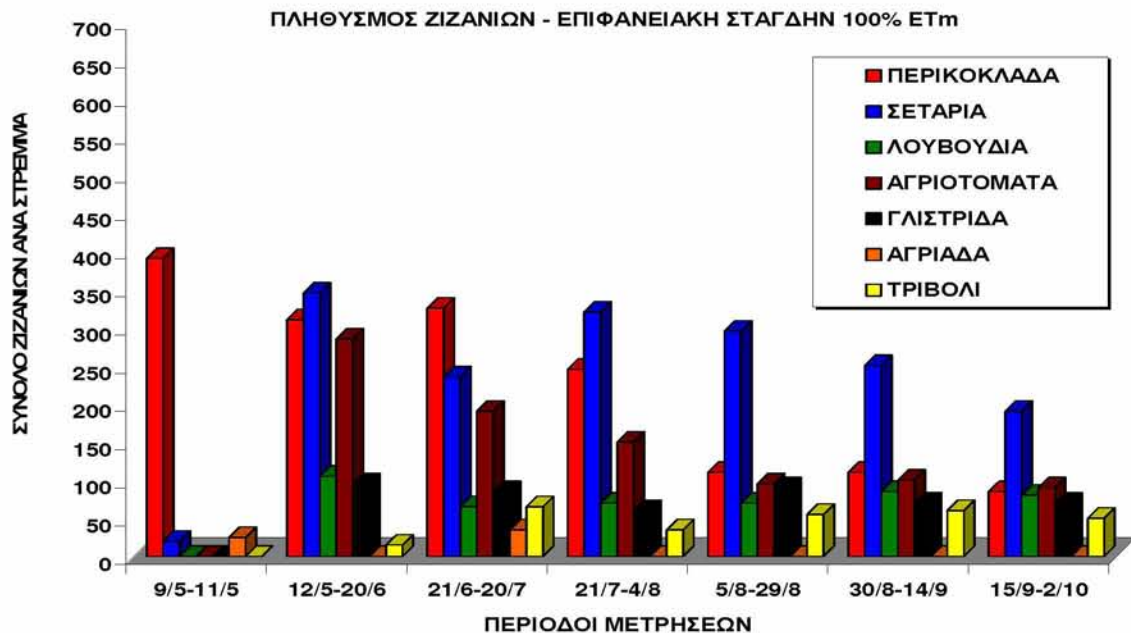
Από τα διαγράμματα προκύπτει ότι τα ζιζάνια με τους μεγαλύτερους πληθυσμούς ήταν η Σετάρια (*Setaria* spp.), η Περικοκλάδα (*Convolvulus arvensis*) και η Αγριοτομάτα (*Solanum nigrum*).

Αν και η Περικοκλάδα αρχικά υπερίσχυσε της Σετάριας και της Αγριοτομάτας, σε πληθυσμό φυτών ανά στρέμμα, με την αύξηση του ύψους και του δείκτη φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας του γλυκού σόργου, οι ρόλοι αντιστράφηκαν εξαιτίας της έρπουσας κατασκευής και κίνησης των βλαστών του ζιζανίου. Ειδικότερα με την αύξηση της φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας του γλυκού σόργου και τη ταυτόχρονη μείωση του ποσοστού της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στο έδαφος, οι πληθυσμοί του συνόλου των ζιζανίων, ως ανεξάρτητες ομάδες, σταθεροποιήθηκαν εμφανίζοντας παράλληλα μία τάση μείωσης.

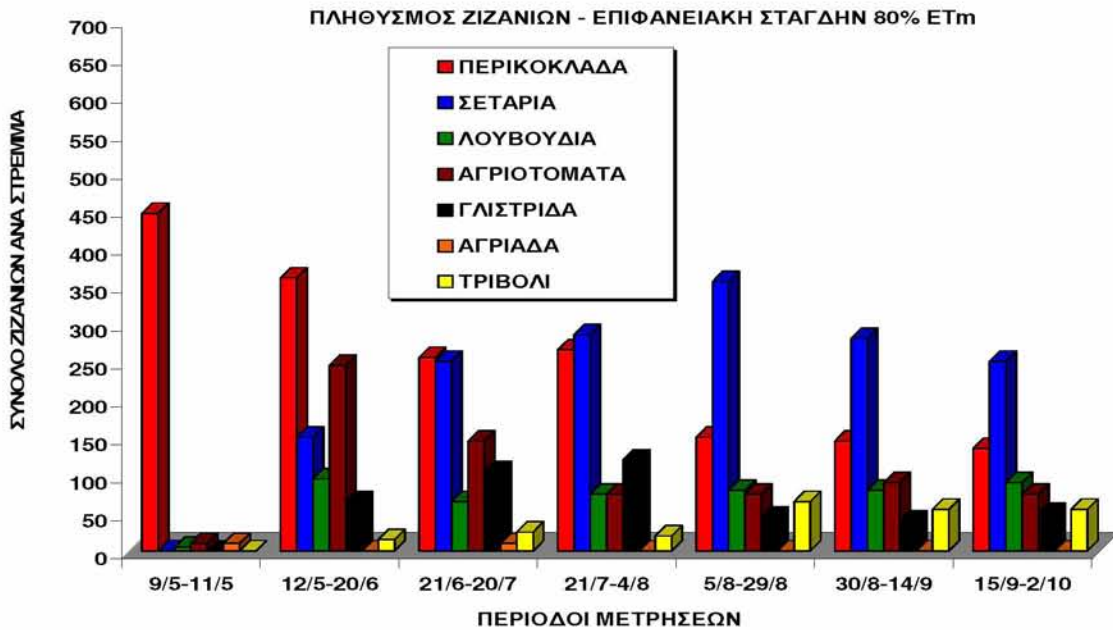
ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ



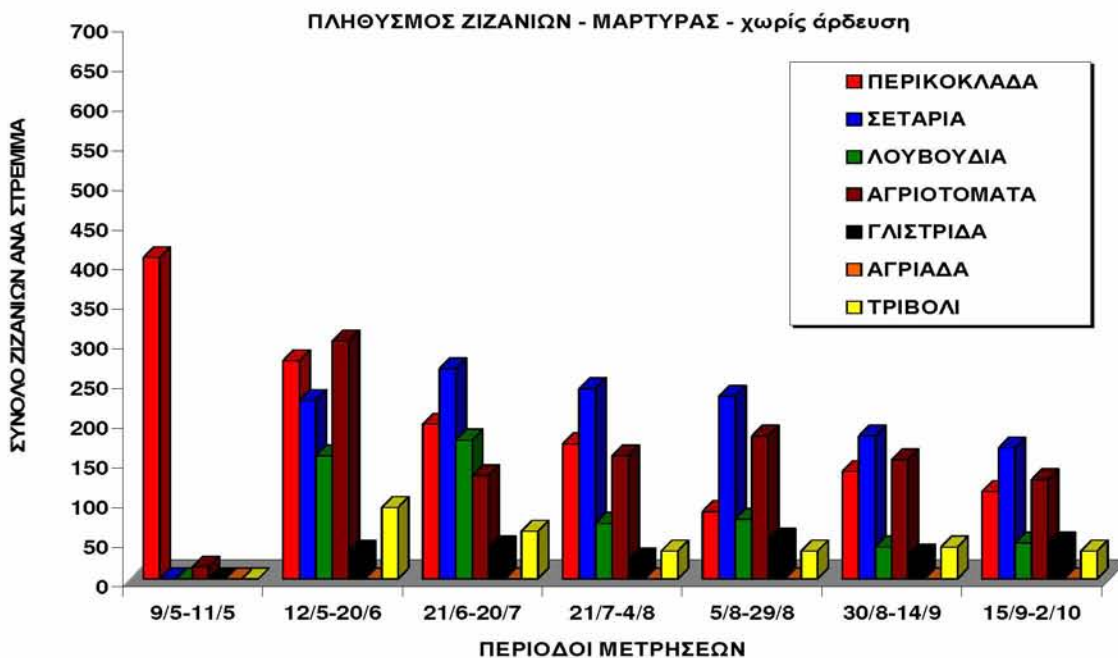
Διάγραμμα 7.8.2: Εξέλιξης πληθυσμού ζιζανίων που αρδεύτηκαν με την υπόγεια στάγδην μέθοδο στο 80% της ΕΤm το καλλιεργητικό έτος 2006 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.



Διάγραμμα 7.8.3: Εξέλιξης πληθυσμού ζιζανίων στα πειραματικά τεμάχια που αρδεύτηκαν με την επιφανειακή στάγδην μέθοδο στο 100% της ΕΤm το καλλιεργητικό έτος 2006 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.



Διάγραμμα 7.8.4: Εξέλιξης πληθυσμού ζιζανίων στα πειραματικά τεμάχια που αρδεύτηκαν με την επιφανειακή στάγδην μέθοδο στο 80% της ΕΤm το καλλιεργητικό έτος 2006 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.



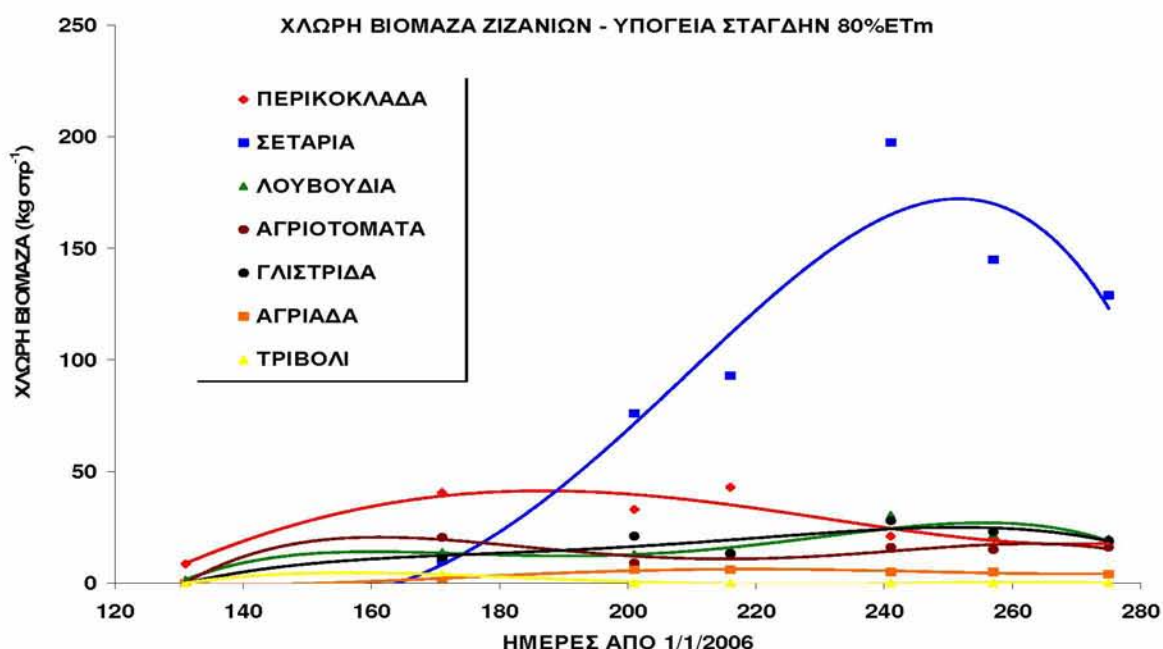
Διάγραμμα 7.8.5: Εξέλιξης πληθυσμού ζιζανίων στα πειραματικά τεμάχια που δεν αρδεύτηκαν (μάρτυρας) το καλλιεργητικό έτος 2006 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

7.21.5.2 Χλωρή βιομάζα ζιζανίων – συζήτηση

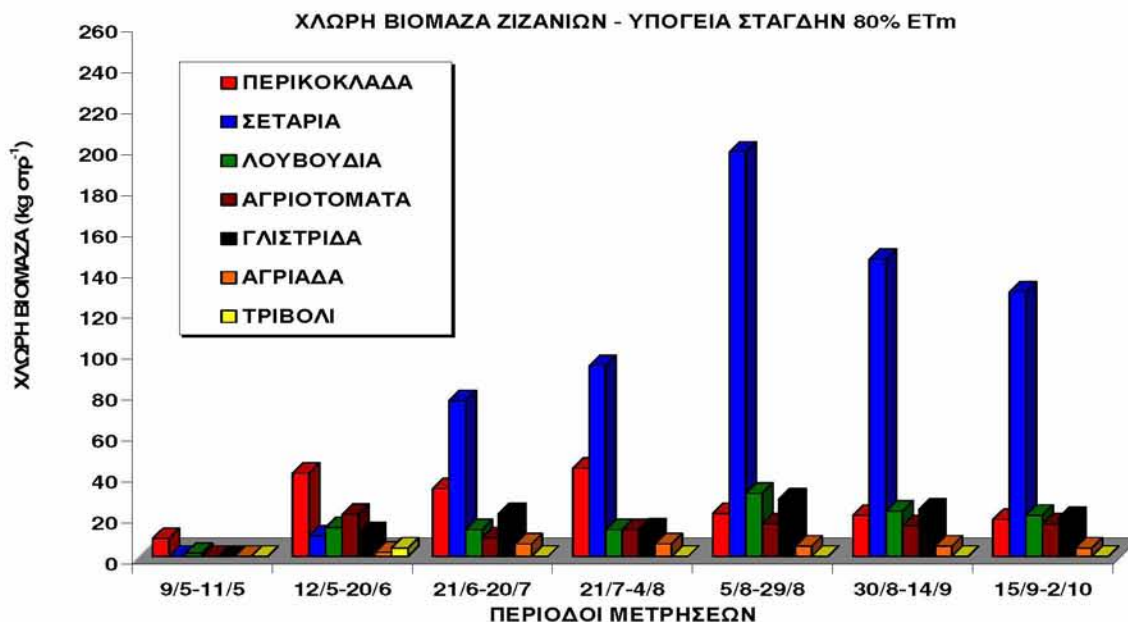
Στα διαγράμματα 7.8.6 έως και 7.8.13 παρουσιάζεται η εξέλιξη της χλωρής βιομάζας των ζιζανίων, για το καλλιεργητικό έτος 2006.

Όπως προκύπτει και από τα διαγράμματα δεν αποτυπώθηκαν διαφοροποιήσεις στη παραγωγή χλωρής βιομάζας ζιζανίων μεταξύ των αρδευομένων μεταχειρίσεων, έως και τις αρχές του τελευταίου δεκαημέρου του Ιουλίου. Αντίθετα από τις αρχές Αυγούστου και μέχρι το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου παρουσιάστηκε μία υπεροχή των επαναλήψεων της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 100% των απαιτήσεων σε νερό έναντι των υπολοίπων αρδευομένων μεταχειρίσεων, η οποία όμως δεν ήταν στατιστικώς σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 95% επί του συνόλου των δειγμάτων.

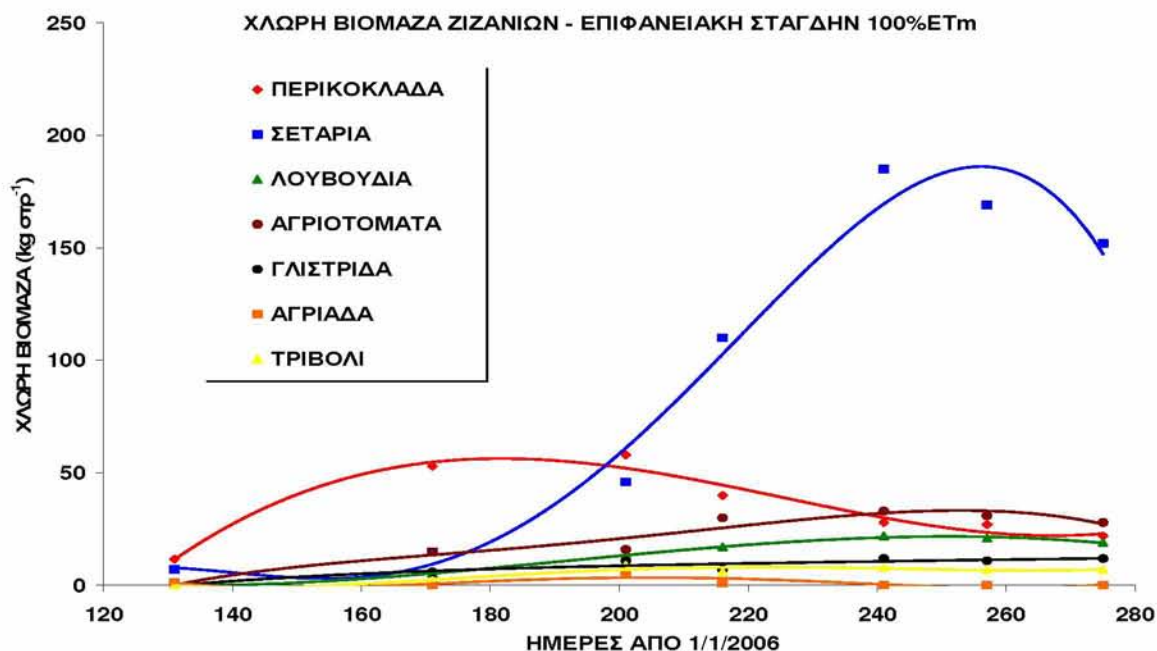
Σημειωτέων, από τις αρχές Αυγούστου, παρατηρήθηκε μείωση της χλωρής βιομάζας των ζιζανίων στην υπόγεια στάγδην άρδευση, χωρίς βεβαίως να υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές με τις αντίστοιχες επιφανειακές στάγδην μεταχειρίσεις. Η μείωση προέκυψε ως αποτέλεσμα δύο συνιστωσών, της αύξησης της φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας του γλυκού σόργου στο σύνολο των αρδευομένων μεταχειρίσεων, παράλληλα με τη μείωση των ποσοστών εδαφικής υγρασίας στα ανώτερα τμήματα της εδαφικής κατατομής στις επαναλήψεις της υπόγεια στάγδην άρδευσης. Εξαιρεση αποτέλεσαν οι επαναλήψεις του μάρτυρα με τις μικρότερες μετρήσιμες παραγωγές σε χλωρή βιομάζα ζιζανίων καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου του 2006.



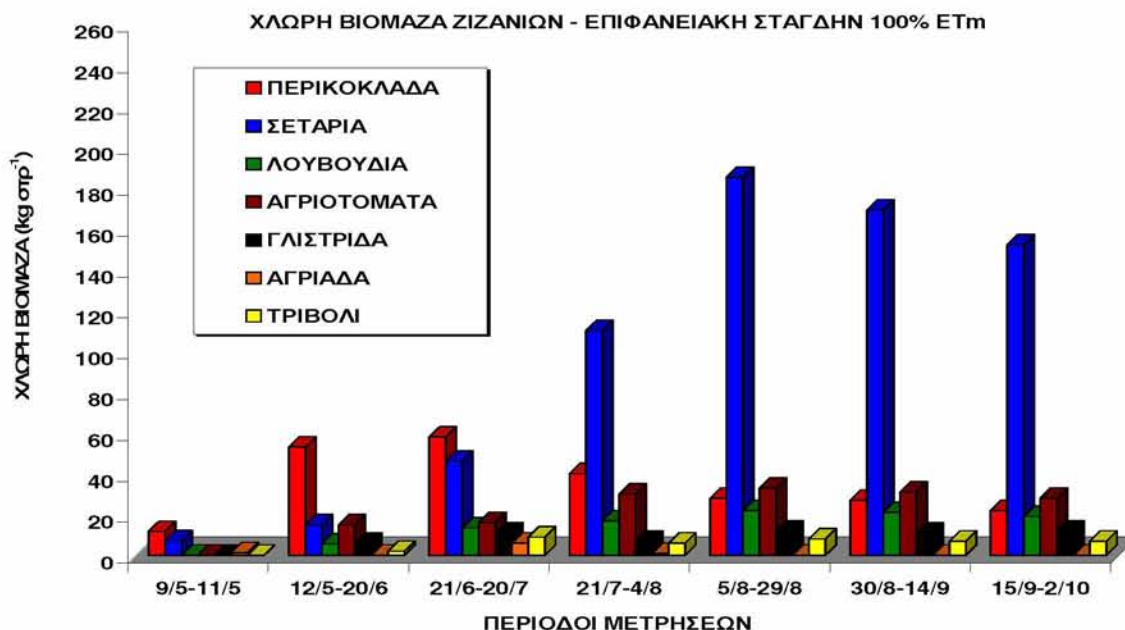
Διάγραμμα 7.8.6: Εξέλιξης χλωρής βιομάζας ζιζανίων στα πειραματικά τεμάχια του γλυκού σόργου που αρδεύτηκαν με την υπόγεια στάγδην άρδευση στο 80% ΕΤm το καλλιεργητικό έτος 2006 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.



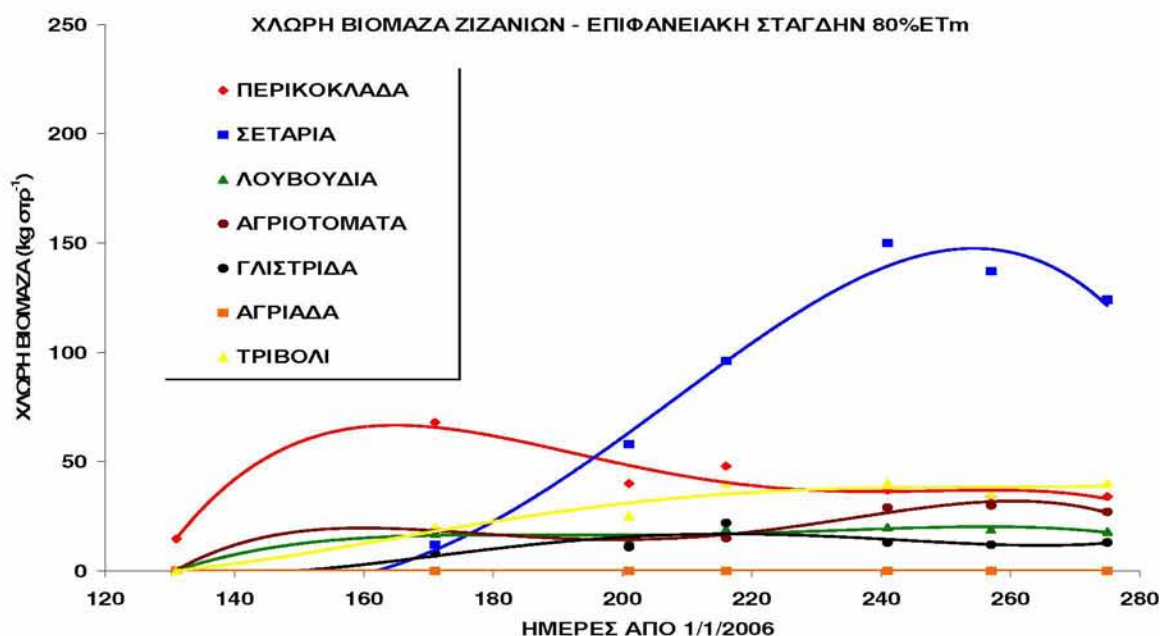
Ραβδοδιάγραμμα 7.8.7: Εξέλιξης της χλωρής βιομάζας των ζιζανίων στα πειραματικά τεμάχια του γλυκού σόργου που αρδεύτηκαν με την υπόγεια στάγδην άρδευση στο 80% ETm το καλλιεργητικό έτος 2006 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.



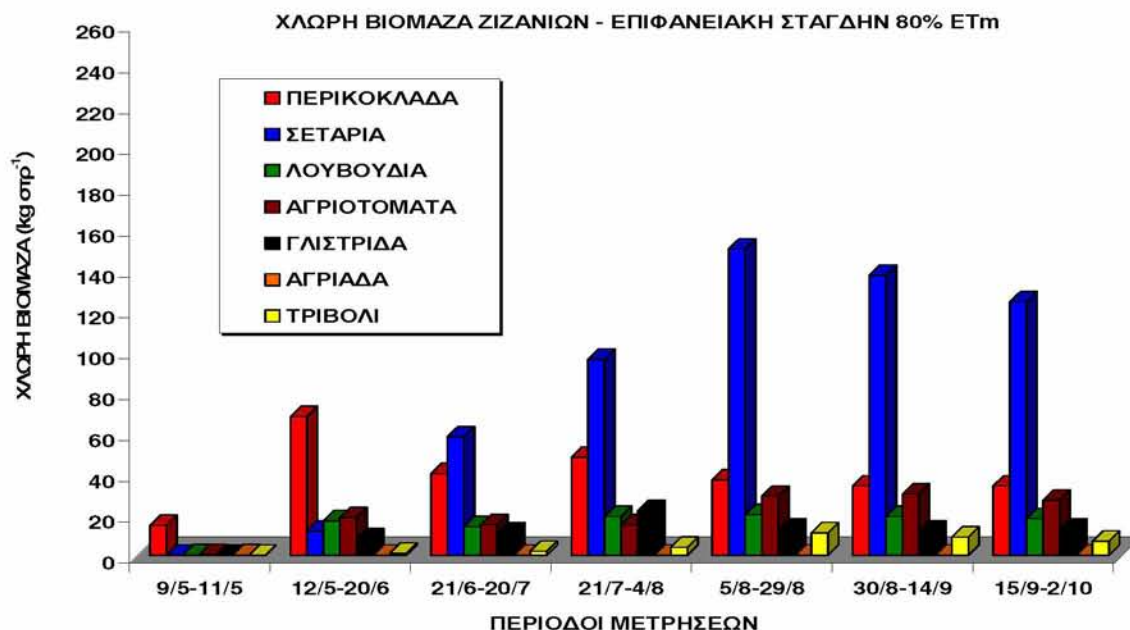
Διάγραμμα 7.8.8: Εξέλιξης χλωρής βιομάζας ζιζανίων στα πειραματικά τεμάχια του γλυκού σόργου που αρδεύτηκαν με την επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 100% ETm το καλλιεργητικό έτος 2006 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.



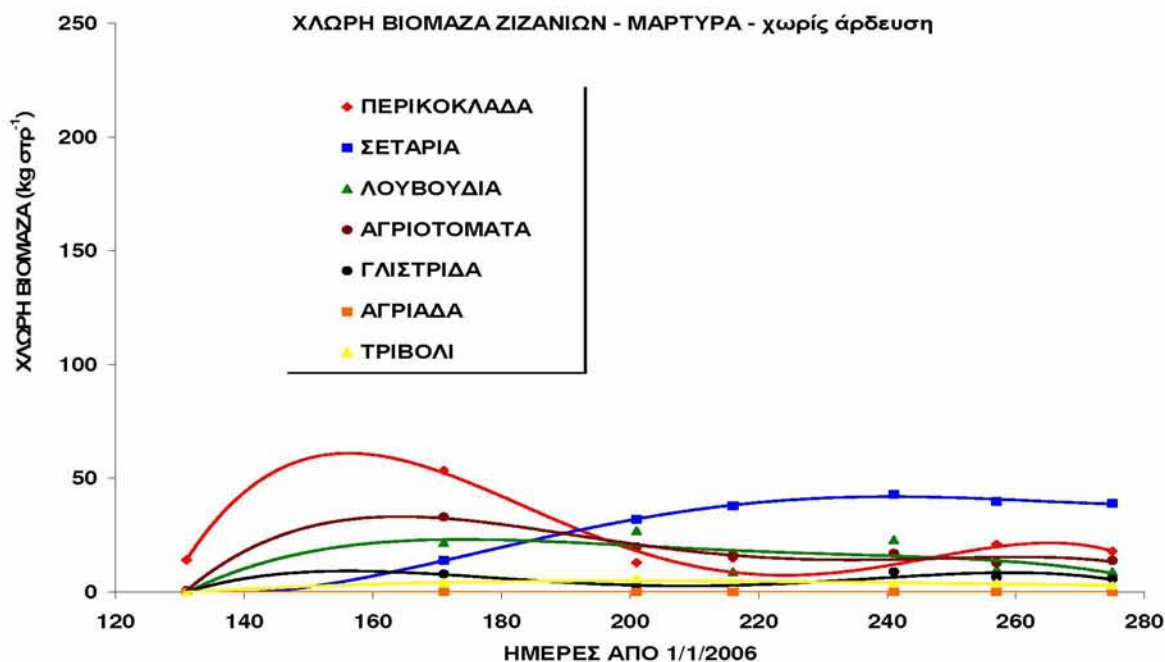
Ραβδοδιάγραμμα 7.8.9: Εξέλιξης της χλωρής βιομάζας των ζιζανίων στα πειραματικά τεμάχια του γλυκού σόργου που αρδεύτηκαν με την επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 100% ETm το καλλιεργητικό έτος 2006 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.



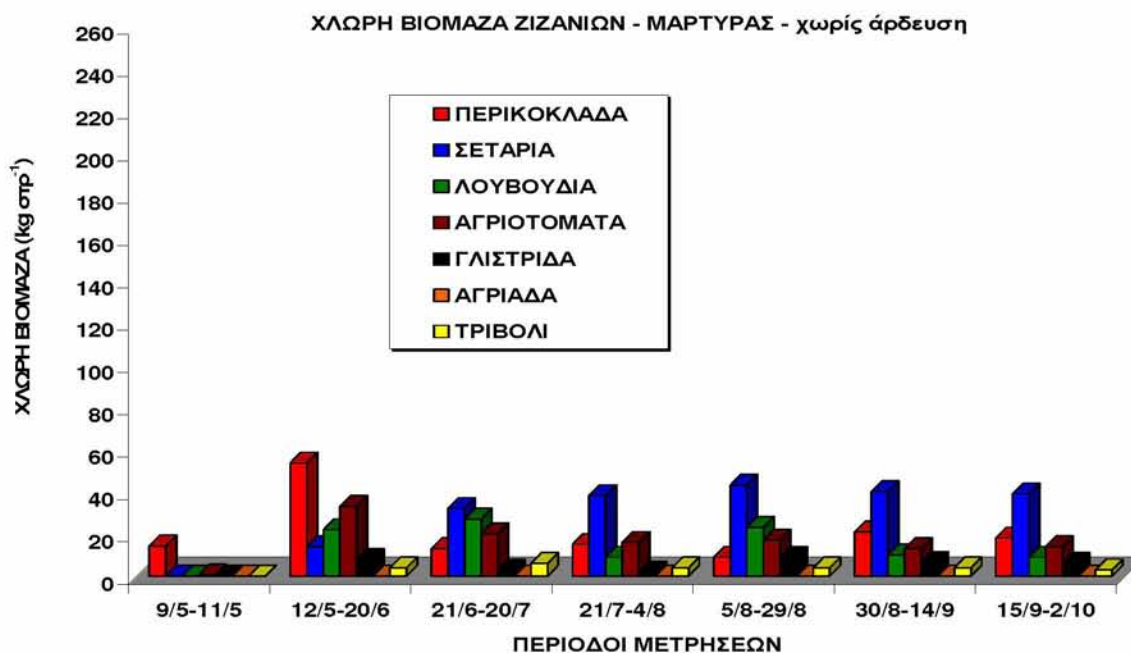
Διάγραμμα 7.8.10: Εξέλιξης χλωρής βιομάζας ζιζανίων στα πειραματικά τεμάχια του γλυκού σόργου που αρδεύτηκαν με την επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% ETm το καλλιεργητικό έτος 2006 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.



Ραβδοδιάγραμμα 7.8.11: Εξέλιξης της χλωρής βιομάζας των ζιζανίων στα πειραματικά τεμάχια του γλυκού σόργου που αρδεύτηκαν με την επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% ETm το καλλιεργητικό έτος 2006 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.



Διάγραμμα 7.8.12: Εξέλιξης χλωρής βιομάζας ζιζανίων στα πειραματικά τεμάχια του γλυκού σόργου που δεν αρδεύτηκαν (μάρτυρας) το καλλιεργητικό έτος 2006 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.



Ραβδοδιάγραμμα 7.8.13: Εξέλιξης της χλωρής βιομάζας των ζιζανίων στα πειραματικά τεμάχια του γλυκού σόργου που δεν αρδεύτηκαν (μάρτυρας) το καλλιεργητικό έτος 2006 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

7.22 Συζήτηση – επίδραση ζιζανιοκτόνου

- ✓ Η μεταχείριση της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 100% των απαιτήσεων σε νερό εμφάνισε τις υψηλότερες τιμές σε χλωρή και ξηρή βιομάζα ζιζανίων, από τις αρχές Αυγούστου ως και τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου. Η ανωτερότητα αυτή δεν ήταν στατιστικώς σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 95%, καθ' όλη τη διάρκεια διεξαγωγής της έρευνας για το έτος 2006.
- ✓ Η παραγωγή χλωρής βιομάζας ζιζανίων στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις ήταν κατά μέσο όρο 13,5% υποβαθμισμένη σε σχέση με τις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό.
- ✓ Μεταξύ των μεταχειρίσεων της υπόγειας στάγδην και της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά, καθ' όλη τη διάρκεια του καλλιεργητικού έτους 2006, σε παραγωγή χλωρής βιομάζας ζιζανίων.
- ✓ Οι επαναλήψεις του μάρτυρα (χωρίς άρδευση) εμφάνισαν το μικρότερο πληθυσμό και τις κατώτερες παραγωγές σε χλωρή βιομάζα ζιζανίων.

- ✓ Σε τελική ανάλυση δεν αποδείχτηκε ότι η ανάπτυξη των ζιζανίων στις μεταχειρίσεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης επηρεάστηκε από τη χορήγηση της τριφλουραλίνης υπογείως ως ριζοαπωθητικού, καθώς οι διαφορές της με τις υπόλοιπες αρδευόμενες μεταχειρίσεις δεν ήταν στατιστικώς σημαντικές, και η μείωση που καταγράφηκε ήταν αποτέλεσμα τόσο της ελαχιστοποίησης των τιμών εδαφικής υγρασίας στα ανώτερα στρώματα του εδάφους, που επιτεύχθηκε με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης, όσο και της σημαντικής αύξησης, από τα τέλη Ιουλίου, της φυλλικής επιφάνειας (μείωση περατότητας ηλιακής ακτινοβολίας) του συνόλου της καλλιέργειας του γλυκού σόργου.

7.23 Παραγωγή βιοαιθανόλης – ενέργειας

7.23.1 Γενικά

Το γλυκό σόργο χαρακτηρίζεται από υψηλές συγκεντρώσεις σακχαρόζης, όπως επίσης φρουκτόζης αλλά και γλυκόζης, στους βλαστούς του, και από τις οποίες μπορεί εύκολα να παραχθεί βιοαιθανόλη, η οποία με τη σειρά της δύναται να χρησιμοποιηθεί απευθείας, ως υποκατάστατο της βενζίνης, ή και ως μείγμα καυσίμου στους κινητήρες των αυτοκινήτων (E85, E20, κ.ο.κ.).

Η αιθανόλη αποτελεί αναμφισβήτητα ένα ισχυρό όπλο κατά της ατμοσφαιρικής ρύπανσης εξαιτίας των υψηλών συγκεντρώσεων της σε οξυγόνο, που βοηθούν στην επιτυχέστερη ενεργειακή καύση, μειώνοντας ταυτόχρονα τις διάφορες επιβλαβείς για την δημόσια υγεία εκροές αερίων.

Ειδικότερα η ποικιλία Keller διαθέτει υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα και σε παραγωγή ζάχαρης η οποία εξαρτάται από το χρόνο συγκομιδής, περίπου 8 – 11,5% επί της συνολικής παραγόμενης χλωρής βιομάζας (Kavadakis et al., 2000) ή 9 – 14,5% επί της συνολικής παραγόμενης χλωρής βιομάζας των βλαστών (Dalianis et al., 1995 ; Alexoroulou et al., 1998).

Η ποικιλία Keller του γλυκού σόργου έχει αποδειχθεί ότι είναι η πλέον παραγωγική από πλευράς ενεργειακής απόδοσης για τα κλιματικά δεδομένα της Μεσογείου. Αυτό αναφέρεται σε πειράματα που έγιναν τόσο στην Ισπανία (Curt et al., 2000), με ύψη φυτών 3,5 m, παραγωγή σε ξηρή βιομάζα 28,5 Mg ha⁻¹ και ποσοστό ζυμώσιμων σακχάρων επί του συνολικού βάρους της ξηρής βιομάζας των βλαστών 43%, καθώς επίσης και σε διάφορες περιοχές στην Ελλάδα (Dalianis et al., 1994), με ύψη φυτών μεγαλύτερα των 3,3 m μέγιστη απόδοση σε χλωρή βιομάζα 103,4 Mg ha⁻¹ και ποσοστό ζυμώσιμων σακχάρων επί της συνολικής χλωρής βιομάζας των φυτών 11,1 – 13,2%.

Παράλληλα σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας (Alexoroulou et al., 2000), μετρήθηκαν ύψη φυτών πλησίον των 3,5 m, παραγωγή σε ξηρή βιομάζας 30 – 39 Mg ha⁻¹ και ποσοστό ζυμώσιμων σακχάρων επί του συνολικού βάρους της χλωρής βιομάζας των φυτών 9,5 – 11,4%. Αντίστοιχα ήταν και τα αποτελέσματα, για τη παραγωγή σακχάρων, σε πειράματα που διεξήχθησαν στην Ρουμανία (Roman et al., 1998a), με παραγωγές σε ξηρή και χλωρή βιομάζα της τάξης των 28 Mg ha⁻¹ και 114 Mg ha⁻¹, και τέλος σε πειράματα που έγιναν στην Ιταλία (Foti et al., 2004), η παραγωγή σε ξηρή βιομάζα κυμάνθηκε στα επίπεδα των 21 – 27 Mg ha⁻¹.

Επίσης σε έρευνα που διήρκεσε από το 1990 έως και το 1993 (Dalianis et al., 1995), σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας, η ποικιλία Keller του γλυκού σόργου αποδείχθηκε ως η πλέον παραγωγική τόσο σε χλωρή όσο και σε ξηρή βιομάζα. Το ποσοστό των ζυμώσιμων σακχάρων επί της συνολικής χλωρής βιομάζας κυμάνθηκε

από 9 – 13,2%. Αντίστοιχα το 1995 στην Ισπανία οι Curt et al., υπολόγισαν την μέση τιμή του ποσοστού ζυμώσιμων σακχάρων επί της συνολικής ξηρής βιομάζας των φυτών του γλυκού σόργου σε 41,4%, w/w.

Παράλληλα μελέτες έδειξαν ότι 1 Mg ξηρής βιομάζας αντιστοιχεί σε 0,4 Mg ισοδυνάμων πετρελαίου (T.I.P.) (Dolcioti et al., 1996) και 1 kg σακχαρόζης μπορεί να αποδώσει 538 – 700 g ή 648 – 843 L αιθανόλης με το ειδικό βάρος αυτής να κυμαίνεται από 0,789 έως και 0,870 kg L⁻¹ (Wilhoit and Zwolinski, 1973; Bryan et al., 1981; Smith et al., 1987; Soldatos and Chatzidaki, 1999; U.S. Department of Energy, 2005).

Συμπερασματικά, μπορεί να αναφερθεί, ότι το ποσοστό των ζυμώσιμων σακχάρων της ποικιλίας Keller του γλυκού σόργου, κυμαίνεται από 10 – 12% επί της συνολικής παραγόμενης χλωρής βιομάζας των φυτών ή σε ποσοστό από 35 – 40% επί της συνολικής ξηρής βιομάζας αυτών. Τέλος, η παραγωγή σε βιοαιθανόλη κυμαίνεται από 6.500 – 8.000 L ha⁻¹ στην περίπτωση επεξεργασίας του συνόλου των ζυμώσιμων σακχάρων και μπορεί να ξεπεράσει τα 10.000 L ha⁻¹ εάν χρησιμοποιηθούν με τη κατάλληλη επεξεργασία (βιοκαύσιμα 2^{ης} γενιάς) και τα ποσοστά κυτταρίνης που εμπεριέχονται (Boukris et al., 1995).

Όπως αναφέρθηκε λοιπόν και προηγουμένως, ο χυμός των βλαστών του γλυκού σόργου περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις σε ζυμώσιμα σάκχαρα. Η σακχαρόζη, η γλυκόζη και η φρουκτόζη είναι τα κύρια συστατικά των ζυμώσιμων σακχάρων τα όποια μετά από κατάλληλη επεξεργασία παράγουν υγρή καύσιμη ύλη με τη μορφή αλκοόλης (βιοαιθανόλη).

Η επικρατέστερη μορφή σακχάρου στο χυμό των βλαστών του γλυκού σόργου είναι η σακχαρόζη της οποίας η συγκέντρωση αυξάνεται σταθερά με την ωρίμανση, σε αντίθεση με την γλυκόζη και τη φρουκτόζη των οποίων οι συγκεντρώσεις αυξομειώνονται ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία) και την άρδευση.

7.23.2 Θεωρητικός υπολογισμός βιοαιθανόλης

Ένας πρώτος θεωρητικός τρόπος υπολογισμού της παραγόμενης αιθανόλης από την χλωρή βιομάζα του γλυκού σόργου προτάθηκε από τον Lipinski το 1978 και τυποποιήθηκε ως απλή γραμμική εξίσωση:

Συνολική Παραγωγή Αιθανόλης ($L ha^{-1}$) = Συνολικό Ποσοστό Συγκέντρωσης Σακχάρων (%) στην Χλωρή Μάζα των Βλαστών των φυτών x 6,5 (Συντελεστής Μετατροπής) x 0,85 (Συντελεστής Αποδοτικότητας Διαδικασίας) x Συνολική Χλωρή Βιομάζα ($Mg ha^{-1}$) x 0,789 (Ειδικό Βάρος Αιθανόλης κατά Lipinski) – (Formula 1).

Αντίστοιχα σε μετρήσεις που έγιναν από τους Pari και Ragno, το 1998, αποδείχθηκε ότι 1 kg χλωρής βιομάζας γλυκού σόργου μπορεί να παράγει 0,0812 L αιθανόλης:

Επομένως $81,2 (L Mg^{-1}) \times \text{Συνολική Χλωρή Βιομάζα } (Mg ha^{-1}) \times \text{Ποσοστό βλαστών επί της Συνολικής Χλωρής Βιομάζας } (\%)$ – (Formula 2).

Παράλληλα, σε σχετικά πρόσφατη πειραματική έρευνα (Soldatos και Chatzidaki, 1999), η συνολική παραγωγή αιθανόλης από τους βλαστούς του γλυκού σόργου τυποποιήθηκε ως εξής:

Συνολική Παραγωγή Αιθανόλης = 64,8 έως 84,3 L Αιθανόλης (όρια διακύμανσης) x Συνολική Παραγωγή σε Χλωρή Βιομάζα ($Mg ha^{-1}$) x Ποσοστό των Βλαστών των Φυτών επί της Συνολικής Χλωρής Βιομάζας (%) – (Formula 3).

Τέλος, οι Mamma et al., το 1996, σε σχετική τους δημοσίευση αναφέρουν ότι, οι αλλαγές στην χημική σύνθεση των σακχάρων των φυτών του γλυκού σόργου (var. Keller), εξαρτώνται από την εποχή συγκομιδής γεγονός που αντανακλάται στην τελική παραγόμενη συγκέντρωση αιθανόλης, εκτιμώντας παράλληλα την παραγωγή αυτής από τον παρακάτω τύπο:

Μέγιστη Παραγωγή Αιθανόλης = 5,2 έως 8,4 g Αιθανόλης ανά 100 g Χλωρής Βιομάζας Βλαστών ή 36%, w/v (Ξηρή Βιομάζα):

Επομένως $52,0 \text{ έως } 84,0 L \text{ αιθανόλης} \times \text{Συνολική Παραγωγή σε Χλωρή Βιομάζα } (Mg ha^{-1}) \times \text{Ποσοστό των Βλαστών των Φυτών επί της Συνολικής Χλωρής Βιομάζας } (\%)$ – (Formula 4).

Έχοντας υπόψη τους παραπάνω θεωρητικούς υπολογισμούς σε παραγωγή αιθανόλης από την αντίστοιχη περιεκτικότητα σε σάκχαρα των βλαστών του γλυκού σόργου, παρήχθησαν οι πίνακες 7.5.1, 7.5.2, 7.5.3, 7.5.4, 7.5.5 και τα διαγράμματα 7.9.1, 7.9.2, 7.9.3, 7.9.4, 7.9.5, για το σύνολο των μεταχειρίσεων και των ετών διεξαγωγής του πειράματος.

7.23.3 Παραγωγή βιοαιθανόλης – πρώιμη σπορά 2005

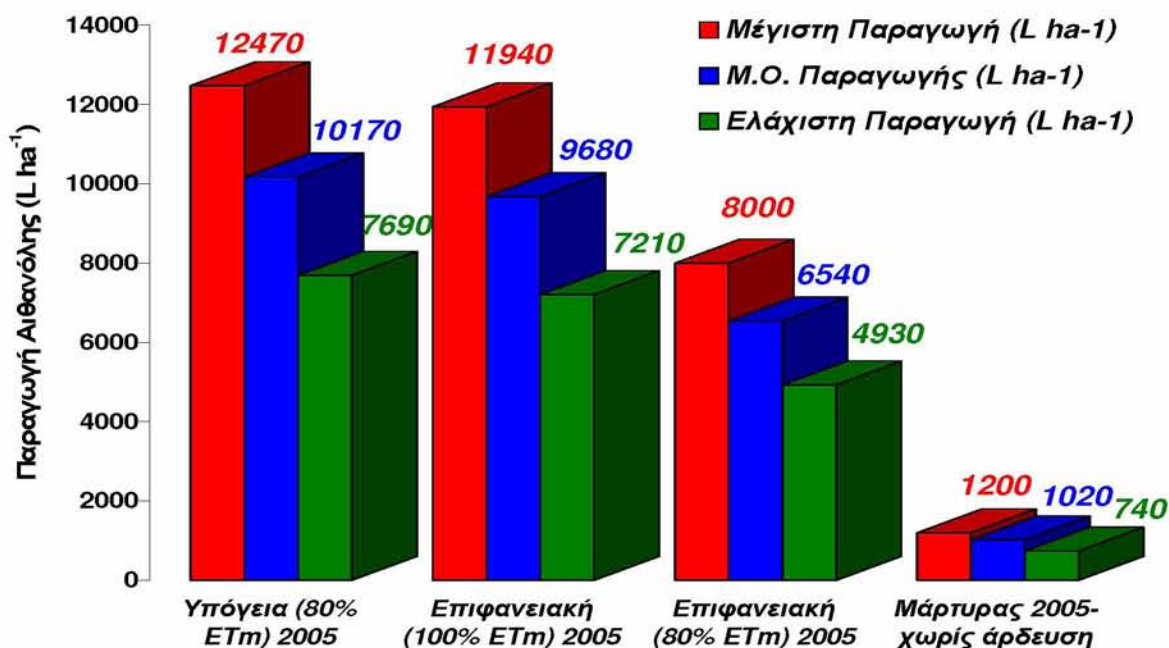
Πίνακας 7.5.1: Θεωρητικός υπολογισμός παραγωγής βιοαιθανόλης έτους 2005				
Πρώιμη σπορά 2005	Υπόγεια στάγδην 80% ETm	Επιφανειακή στάγδην 100% ETm	Επιφανειακή στάγδην 80% ETm	Μάρτυρας- χωρίς άρδευση
Μέγιστη παραγωγή χλωρής βιομάζας (Mg ha ⁻¹)	177,10	165,40	115,03	19,74
Ποσοστό βλαστών επί της συνολικής χλωρής βιομάζας (%)	83,55%	85,61%	82,49%	72,20%
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (10% περιεκτικότητα σε σάκχαρα) – Formula 1	7720,19	7210,16	5014,42	860,51
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (12% περιεκτικότητα σε σάκχαρα) – Formula 1	9264,22	8652,19	6017,30	1032,61
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (0,081 L αιθανόλης kg ⁻¹ χλωρής βιομάζας) – Formula 2	12014,92	11497,83	7704,93	1157,29
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (538 g αιθανόλης kg ⁻¹ σακχάρων) – Formula 3	9588,26	9175,61	6148,76	923,55
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (700 g αιθανόλης kg ⁻¹ σακχάρων) – Formula 3	12473,62	11936,79	7999,08	1201,47
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (5,2 g αιθανόλης 100 g ⁻¹ χλωρής βιομάζας) – Formula 4	7694,29	7363,14	4934,19	741,12
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (8,4 g αιθανόλης 100 g ⁻¹ χλωρής βιομάζας) – Formula 4	12429,23	11894,31	7970,61	1197,19
Μέγιστη παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹)	12470,00	11940,00	8000,00	1200,00
Ελάχιστη παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹)	7690,00	7210,00	4930,00	740,00
Μέσος όρος παραγωγής αιθανόλης (L ha ⁻¹)	10170,00	9680,00	6540,00	1020,00

7.23.4 Παραγωγή βιοαιθανόλης – πρώιμη σπορά 2006

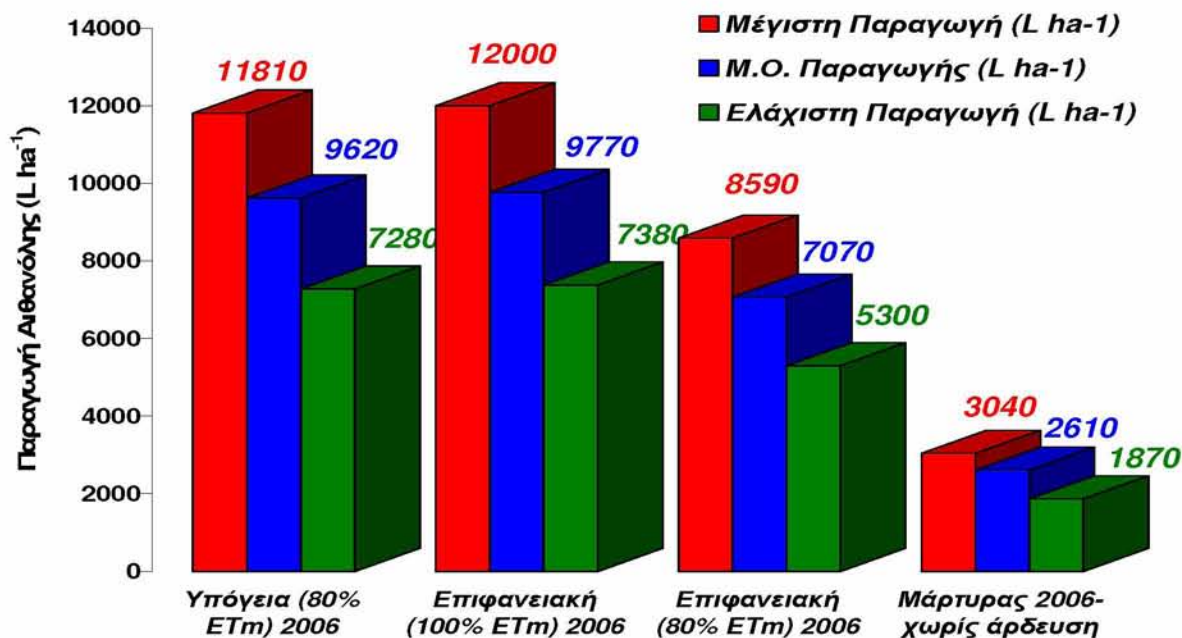
Πίνακας 7.5.2: Θεωρητικός υπολογισμός παραγωγής βιοαιθανόλης έτους 2006				
Πρώιμη σπορά 2006	Υπόγεια στάγδην 80% ETm	Επιφανειακή στάγδην 100% ETm	Επιφανειακή στάγδην 80% ETm	Μάρτυρας- χωρίς άρδευση
Μέγιστη παραγωγή χλωρής βιομάζας (Mg ha ⁻¹)	167,23	169,30	126,67	52,68
Ποσοστό βλαστών επί της συνολικής χλωρής βιομάζας (%)	83,74%	84,07%	80,49%	68,38%
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (10% περιεκτικότητα σε σάκχαρα) – Formula 1	7289,93	7380,17	5521,83	2296,44
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (12% περιεκτικότητα σε σάκχαρα) – Formula 1	8747,92	8856,20	6626,20	2755,53
Παραγωγή αιθανόλης (l ha ⁻¹) (0,081 L αιθανόλης kg ⁻¹ χλωρής βιομάζας) – Formula 2	11371,12	11557,24	8278,88	2925,03
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (538 g αιθανόλης kg ⁻¹ σακχάρων) – Formula 3	9074,49	9223,02	6606,79	2334,26
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (700 g αιθανόλης kg ⁻¹ σακχάρων) – Formula 3	11805,24	11998,46	8594,95	3036,70
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (5,2 g αιθανόλης 100 g ⁻¹ χλωρής βιομάζας) – Formula 4	7282,00	7401,19	5301,75	1873,17
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (8,4 g αιθανόλης 100 g ⁻¹ χλωρής βιομάζας) – Formula 4	11763,23	11955,76	8564,36	3025,90
Μέγιστη παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹)	11810,00	12000,00	8590,00	3040,00
Ελάχιστη παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹)	7280,00	7380,00	5300,00	1870,00
Μέσος όρος παραγωγής αιθανόλης (L ha ⁻¹)	9620,00	9770,00	7070,00	2610,00

7.23.5 Παραγωγή βιοαιθανόλης – πρώιμη σπορά 2007

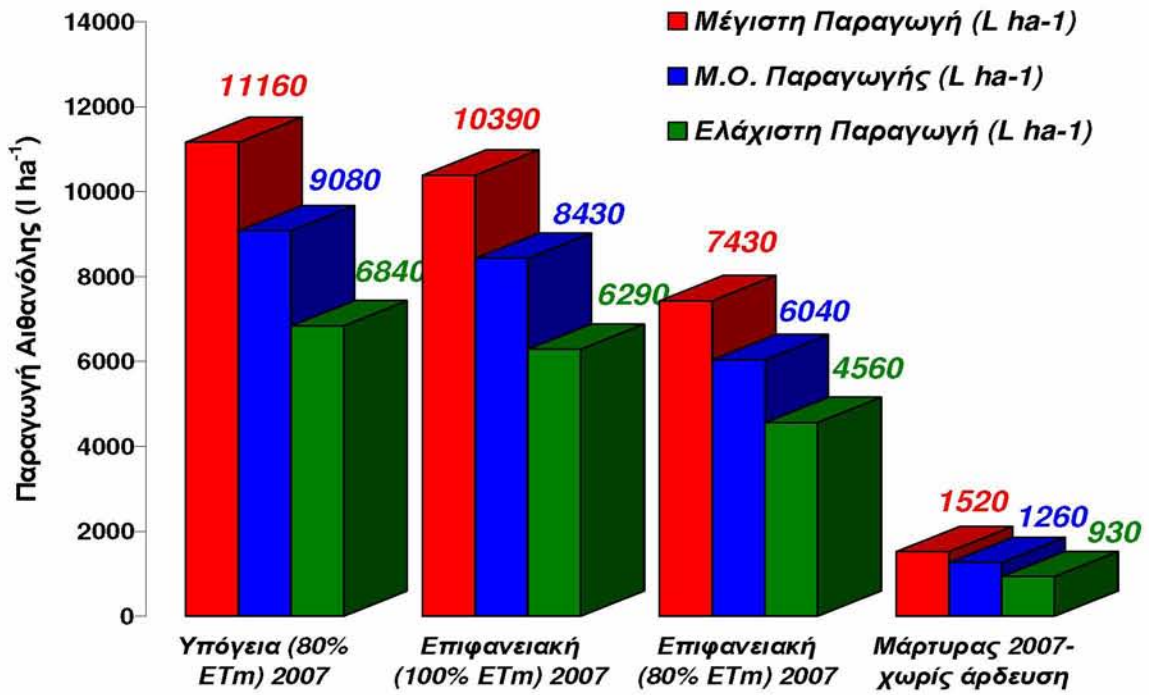
Πίνακας 7.5.3: Θεωρητικός υπολογισμός παραγωγής βιοαιθανόλης έτους 2007				
Πρώιμη σπορά 2007	Υπόγεια στάγδην 80% ETm	Επιφανειακή στάγδην 100% ETm	Επιφανειακή στάγδην 80% ETm	Μάρτυρας- χωρίς άρδευση
Μέγιστη παραγωγή χλωρής βιομάζας (Mg ha ⁻¹)	156,90	144,30	104,59	23,46
Ποσοστό βλαστών επί της συνολικής χλωρής βιομάζας (%)	84,40%	85,45%	84,22%	76,61%
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (10% περιεκτικότητα σε σάκχαρα) – Formula 1	6839,62	6290,36	4559,31	1022,67
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (12% περιεκτικότητα σε σάκχαρα) – Formula 1	8207,55	7548,43	5471,18	1227,21
Παραγωγή αιθανόλης (l ha ⁻¹) (0,081 L αιθανόλης kg ⁻¹ χλωρής βιομάζας) – Formula 2	10752,80	10012,31	7152,56	1459,38
Παραγωγή αιθανόλης (l ha ⁻¹) (538 g αιθανόλης kg ⁻¹ σακχάρων) – Formula 3	8581,05	7990,12	5707,95	1164,63
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (700 g αιθανόλης kg ⁻¹ σακχάρων) – Formula 3	11163,31	10394,56	7425,62	1515,10
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (5,2 g αιθανόλης 100 g ⁻¹ χλωρής βιομάζας) – Formula 4	6886,03	6411,83	4580,46	934,58
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (8,4 g αιθανόλης 100 g ⁻¹ χλωρής βιομάζας) – Formula 4	11123,58	10357,57	7399,20	1509,71
Μέγιστη παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹)	11160,00	10390,00	7430,00	1520,00
Ελάχιστη παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹)	6840,00	6290,00	4560,00	930,00
Μέσος όρος παραγωγής αιθανόλης (L ha ⁻¹)	9080,00	8430,00	6040,00	1260,00



Διάγραμμα 7.9.1: Θεωρητική μέγιστη, ελάχιστη και μέση παραγωγή σε L αιθανόλης ha⁻¹ του γλυκού σόργου (var. Keller) υπό το καθεστώς διαφορετικών μεθόδων άρδευσης για τη πρώτη σπορά του καλλιεργητικού έτους 2005.



Διάγραμμα 7.9.2: Θεωρητική μέγιστη, ελάχιστη και μέση παραγωγή σε L αιθανόλης ha⁻¹ του γλυκού σόργου (var. Keller) υπό το καθεστώς διαφορετικών μεθόδων άρδευσης για τη πρώτη σπορά του καλλιεργητικού έτους 2006.



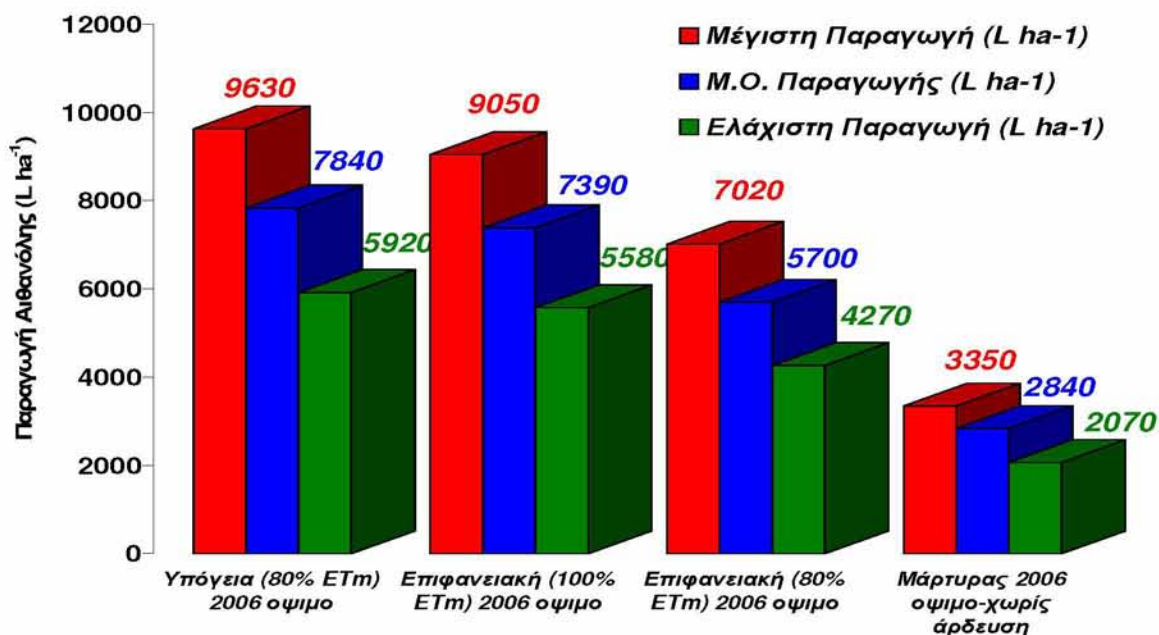
Διάγραμμα 7.9.3: Θεωρητική μέγιστη, ελάχιστη και μέση παραγωγή σε L αιθανόλης ha⁻¹ του γλυκού σόργου (var. Keller) υπό το καθεστώς διαφορετικών μεθόδων άρδευσης για τη πρώιμη σπορά του καλλιεργητικού έτους 2007.

7.23.6 Παραγωγή βιοαιθανόλης – όψιμη σπορά 2006

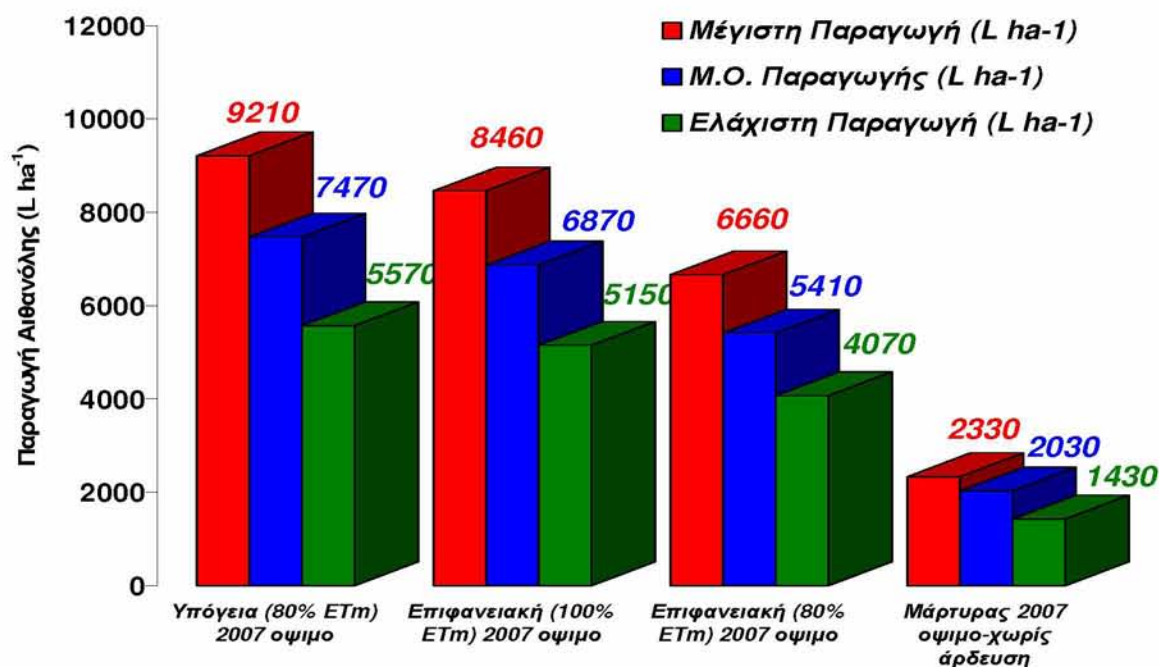
Πίνακας 7.5.4: Θεωρητικός υπολογισμός παραγωγής βιοαιθανόλης έτους 2006				
Όψιμη σπορά 2006	Υπόγεια στάγδην 80% ETm	Επιφανειακή στάγδην 100% ETm	Επιφανειακή στάγδην 80% ETm	Μάρτυρας- χωρίς άρδευση
Μέγιστη παραγωγή χλωρής βιομάζας (Mg ha ⁻¹)	135,76	129,38	97,99	55,47
Ποσοστό βλαστών επί της συνολικής χλωρής βιομάζας (%)	84,14%	83,01%	85,04%	71,63%
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (10% περιεκτικότητα σε σάκχαρα) – Formula 1	5918,08	5639,97	4271,60	2418,06
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (12% περιεκτικότητα σε σάκχαρα) – Formula 1	7101,70	6767,96	5125,93	2901,67
Παραγωγή αιθανόλης (l ha ⁻¹) (0,081 L αιθανόλης kg ⁻¹ χλωρής βιομάζας) – Formula 2	9275,35	8720,75	6766,45	3226,33
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (538 g αιθανόλης kg ⁻¹ σακχάρων) – Formula 3	7402,00	6959,41	5399,83	2574,71
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (700 g αιθανόλης kg ⁻¹ σακχάρων) – Formula 3	9629,46	9053,68	7024,78	3349,51
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (5,2 g αιθανόλης 100 g ⁻¹ χλωρής βιομάζας) – Formula 4	5939,88	5584,71	4333,20	2066,12
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (8,4 g αιθανόλης 100 g ⁻¹ χλωρής βιομάζας) – Formula 4	9595,19	9021,46	6999,78	3337,59
Μέγιστη παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹)	9630,00	9050,00	7020,00	3350,00
Ελάχιστη παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹)	5920,00	5580,00	4270,00	2070,00
Μέσος όρος παραγωγής αιθανόλης (L ha ⁻¹)	7840,00	7390,00	5700,00	2840,00

7.23.7 Παραγωγή βιοαιθανόλης – όψιμη σπορά 2007

Πίνακας 7.5.5: Θεωρητικός υπολογισμός παραγωγής βιοαιθανόλης έτους 2007				
Όψιμη σπορά 2007	Υπόγεια στάγδην 80% ETm	Επιφανειακή στάγδην 100% ETm	Επιφανειακή στάγδην 80% ETm	Μάρτυρας- χωρίς άρδευση
Μέγιστη παραγωγή χλωρής βιομάζας (Mg ha ⁻¹)	127,79	118,06	93,38	42,50
Ποσοστό βλαστών επί της συνολικής χλωρής βιομάζας (%)	85,51%	84,96%	84,57%	64,92%
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (10% περιεκτικότητα σε σάκχαρα) – Formula 1	5570,56	5146,50	4070,64	1852,67
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (12% περιεκτικότητα σε σάκχαρα) – Formula 1	6684,78	6175,80	4884,77	2223,20
Παραγωγή αιθανόλης (l ha ⁻¹) (0,081 L αιθανόλης kg ⁻¹ χλωρής βιομάζας) – Formula 2	8872,99	8144,67	6412,48	2240,39
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (538 g αιθανόλης kg ⁻¹ σακχάρων) – Formula 3	7080,91	6499,68	5117,35	1787,90
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (700 g αιθανόλης kg ⁻¹ σακχάρων) – Formula 3	9211,73	8455,61	6657,29	2325,92
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (5,2 g αιθανόλης 100 g ⁻¹ χλωρής βιομάζας) – Formula 4	5682,21	5215,80	4106,52	1434,73
Παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹) (8,4 g αιθανόλης 100 g ⁻¹ χλωρής βιομάζας) – Formula 4	9178,95	8425,52	6633,60	2317,64
Μέγιστη παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹)	9210,00	8460,00	6660,00	2330,00
Ελάχιστη παραγωγή αιθανόλης (L ha ⁻¹)	5570,00	5150,00	4070,00	1430,00
Μέσος όρος παραγωγής αιθανόλης (L ha ⁻¹)	7470,00	6870,00	5410,00	2030,00



Διάγραμμα 7.9.4: Θεωρητική μέγιστη, ελάχιστη και μέση παραγωγή σε L αιθανόλης ha⁻¹ του γλυκού σόργου (var. Keller) υπό το καθεστώς διαφορετικών μεθόδων άρδευσης για την όψιμη σπορά του καλλιεργητικού έτους 2006.



Διάγραμμα 7.9.5: Θεωρητική μέγιστη, ελάχιστη και μέση παραγωγή σε L αιθανόλης ha⁻¹ του γλυκού σόργου (var. Keller) υπό το καθεστώς διαφορετικών μεθόδων άρδευσης για την όψιμη σπορά του καλλιεργητικού έτους 2007.

7.24 Συζήτηση – παραγωγή βιοαιθανόλης

Στους πίνακες 7.5.1 έως και 7.5.5 και στα διαγράμματα 7.9.1 έως και 7.9.5 παρουσιάζονται οι μέγιστες, ελάχιστες και μέσες αποδόσεις σε παραγωγή αιθανόλης για το σύνολο των ετών διεξαγωγής της έρευνας στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο. Οι επιλογές των τιμών σε χλωρή βιομάζα έγινε σε διαφορετικούς χρόνους συγκομιδής, για τη κάθε μεταχείριση, ανάλογα και με τη μεγιστοποίηση της παραγωγής. Έτσι, οι μέσες μέγιστες αποδόσεις σε παραγωγή αιθανόλης για τη πρόιμη σπορά ήταν, για την υπόγεια στάγδην άρδευση, 10.170,00 L ha⁻¹ και παρατηρήθηκε το έτος 2005, για την επιφανειακή στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, 9.770,00 L ha⁻¹ και παρατηρήθηκε το έτος 2006, για την επιφανειακή στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, 7.070,00 L ha⁻¹ και παρατηρήθηκε το έτος 2006, και για τις επαναλήψεις του μάρτυρα 2.610,00 L ha⁻¹ και παρατηρήθηκε επίσης το έτος 2006. Μάλιστα, οι τιμές παραγωγής αιθανόλης κυμάνθηκαν από 6.840,00 – 12.470,00 L ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, από 6.290,00 – 12.000,00 L ha⁻¹ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, από 4.560,00 – 8.590,00 L ha⁻¹ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και από 740,00 – 3.040,00 L ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα.

Αντίστοιχα, οι μέσες μέγιστες αποδόσεις σε παραγωγή αιθανόλης για την όψιμη σπορά ήταν, για την υπόγεια στάγδην άρδευση, 7.840,00 L ha⁻¹, για την επιφανειακή στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, 7.390,00 L ha⁻¹, για την επιφανειακή στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, 5.700,00 L ha⁻¹, και για τις επαναλήψεις του μάρτυρα 2.840,00 L ha⁻¹ και παρατηρήθηκαν στο σύνολο τους το έτος 2006. Μάλιστα, οι τιμές παραγωγής βιοαιθανόλης κυμάνθηκαν από 5.570,00 – 9.630,00 L ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, από 5.150,00 – 9.050,00 L ha⁻¹ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, από 4.070,00 – 7.020,00 L ha⁻¹ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και από 1.430,00 – 3.350,00 L ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Αποδείχθηκε, θεωρητικά τουλάχιστον, ότι στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις η μέση μέγιστη παραγωγή σε αιθανόλη ήταν υψηλότερη των υπολοίπων μεταχειρίσεων, ακολουθώντας όπως ήταν φυσικό τις υψηλότερες αποδόσεις της μεταχείρισης σε χλωρή και ξηρή βιομάζα. Ανάλογες τιμές σε παραγωγή ενέργεια παρατηρήθηκαν σε πρόσφατες μελέτες που έλαβαν χώρα στην Ελλάδα (Kavadakis et al., 2000 ; Sakellariou-Makrantonaki et al., 2007) και γενικότερα στην ζώνη της Μεσογείου (Curt et al., 1995).

Ανακεφαλαιώνοντας, οι τιμές αυτές σε παραγωγή αιθανόλης ήταν εξαιρετικά υψηλές, αποδεικνύοντας έτσι ότι το συγκεκριμένο ενεργειακό φυτό μπορεί να αποτελέσει μία άριστη εναλλακτική λύση για την παραγωγή βιομάζας και ενέργειας στην στη κεντρική Ελλάδα στα πλαίσια της αειφορικής γεωργίας των χαμηλών εισροών.

7.25 Εξοικονόμηση αρδευτικού νερού – Αποδοτικότητα άρδευσης

7.25.1 Γενικά

Η αποδοτικότητα σε αρδευτικό νερό, της καλλιέργειας του γλυκού σόργου, για το σύνολο των μεταχειρίσεων και των ετών διεξαγωγής της έρευνας, παρουσιάζεται στους πίνακες 7.7.1 έως και 7.7.3 και στα διαγράμματα 7.10.1 έως και 7.10.3.

Ο λόγος της παραγωγής σε ξηρή βιομάζα προς το σύνολο των εισροών σε νερό στο έδαφος προτάθηκε από τον Monteith το 1993 ως αποδοτικότητα του αρδευτικού νερού (Water Used Efficiency – W.U.E.). Το κλάσμα των εισροών σε νερό συμπεριλαμβάνει το νερό της άρδευσης, τη ποσότητα των εισροών με τη μορφή βροχόπτωσης, και τη ποσότητα του νερού που αποθηκεύτηκε στο έδαφος ως διαφορά υγρασίας (αντίστοιχα και για λόγους ευκολίας η επιφανειακή απορροή και η βαθιά διήθηση εξαιρέθηκαν).

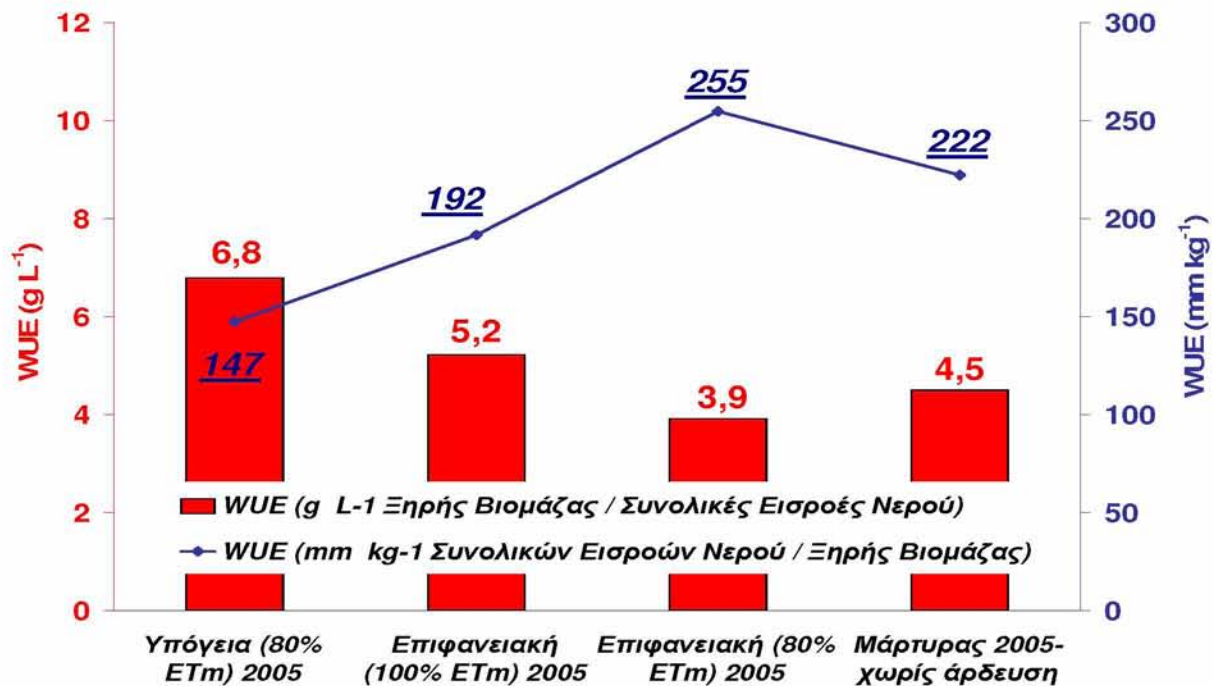
Για το σκοπό αυτό οι ανάγκες σε νερό λόγω εξατμισοδιαπνοής υπολογίστηκαν με τη μέθοδο του εξατμισιμέτρου τύπου A και πραγματοποιήθηκε η χορήγηση τους σε αναλογικές δόσεις άρδευσης, οι εισροές λόγω βροχόπτωσης καταγράφηκαν από το βροχόμετρο του μετεωρολογικού σταθμού του αγροκτήματος, και η αποθήκευση αρδευτικού νερού στην εδαφική κατατομή μετρήθηκε με τη μέθοδο του χρόνου υστέρησης επαναφοράς δεδομένων ηλεκτρομαγνητικού σήματος (Time Domain Reflectometry Method – T.D.R.) σε συνολικά πέντε εδαφικές ζώνες 0 – 15, 15 – 30, 30 – 45, 45 – 60 και 60 – 75 cm.

Ο προγραμματισμός της κάθε δόσης άρδευσης έγινε τηρουμένων των προδιαγραφών (παροχή σταλακτήρων, ωριαίο ύψος βροχής, διαστάσεις γραμμών άρδευσης και ισαποχή σταλακτήρων επί των γραμμών) για τη κάθε μεταχείριση ξεχωριστά, με βάση τις μετρούμενες τιμές εξάτμισης (βλ. και παράρτημα: στοιχεία εξάτμισης – βροχόπτωσης – δόσεων άρδευσης – υγρασιών εδάφους).

Πίνακας 7.7.1: Αποδοτικότητα αρδευτικού νερού έτους 2005

Παράμετροι	Υπόγεια στάγδην 80% ETm	Επιφανειακή στάγδην 100% ETm	Επιφανειακή στάγδην 80% ETm	Μάρτυρας 0% ETm
Μέση μέγιστη παραγωγή σε ξηρή βιομάζα (Mg ha ⁻¹)	42,26	39,38	25,94	4,54
Αρδευτικό νερό (mm)	535,50	663,70	549,90	23,00

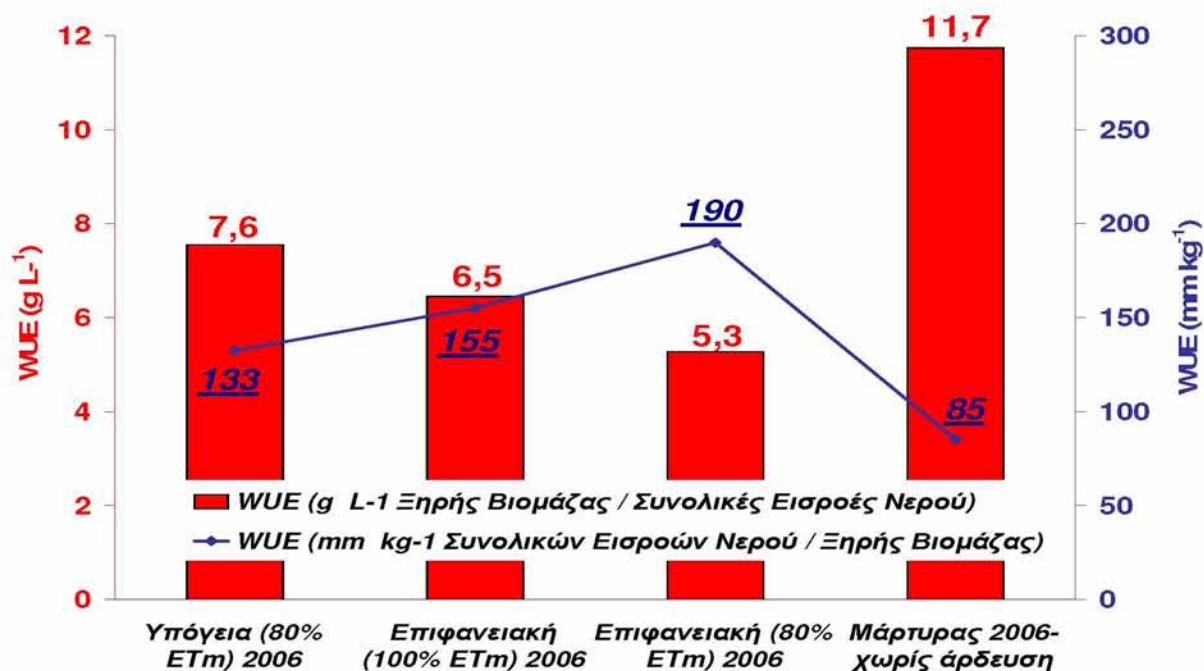
Βροχόπτωση (mm)	92,50	92,50	127,50	127,50
Αποθήκευση νερού στο έδαφος (mm)	-5,20	-1,40	-16,30	-49,60
Συνολικές εισροές νερού (mm)	622,80	754,80	661,10	100,90
W.U.E. (g L ⁻¹ ξηρής βιομάζας / συνολικές εισροές νερού)	6,80	5,20	3,90	4,50
W.U.E. (mm kg ⁻¹ συνολικών εισροών νερού / ξηρής βιομάζας)	147,00	192,00	255,00	222,00



Διάγραμμα 7.10.1: Αποδοτικότητα αρδευτικού νερού για το καλλιεργητικό έτος 2005 στο σύνολο των μεταχειρίσεων.

Πίνακας 7.7.2: Αποδοτικότητα αρδευτικού νερού έτους 2006

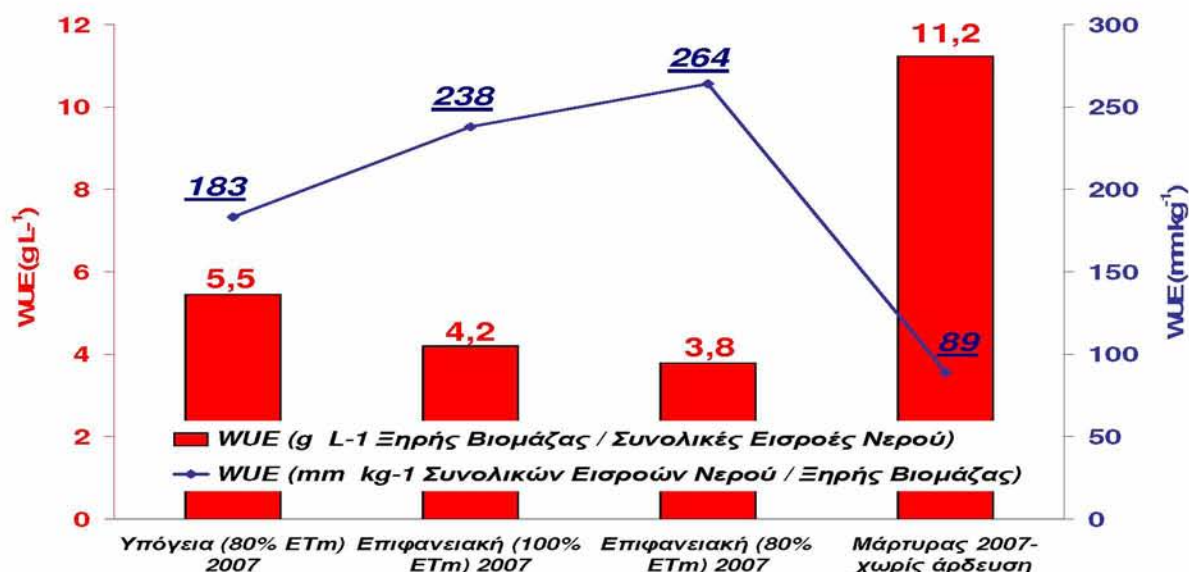
Παράμετροι	Υπόγεια στάγδην 80% ETm	Επιφανειακή στάγδην 100% ETm	Επιφανειακή στάγδην 80% ETm	Μάρτυρας- χωρίς άρδευση
Μέση μέγιστη παραγωγή σε ξηρή βιομάζα (Mg ha ⁻¹)	40,41	41,78	28,08	13,82
Αρδευτικό νερό (mm)	473,80	586,00	473,80	24,00
Βροχόπτωση (mm)	70,50	70,50	70,50	132,50
Αποθήκευση νερού στο έδαφος (mm)	-8,80	-8,40	-11,20	-38,80
Συνολικές εισροές νερού (mm)	535,50	648,10	533,10	117,70
W.U.E. (g L ⁻¹ ξηρής βιομάζας / συνολικές εισροές νερού)	7,60	6,50	5,30	11,70
W.U.E. (mm kg ⁻¹ συνολικών εισροών νερού / ξηρής βιομάζας)	133,00	155,00	190,00	85,00



Διάγραμμα 7.10.2: Αποδοτικότητα αρδευτικού νερού για το καλλιεργητικό έτος 2006 στο σύνολο των μεταχειρίσεων.

Πίνακας 7.7.3: Αποδοτικότητα αρδευτικού νερού έτους 2007

Παράμετροι	Υπόγεια στάγδην 80% ETm	Επιφανειακή στάγδην 100% ETm	Επιφανειακή στάγδην 80% ETm	Μάρτυρας 0% ETm
Μέση μέγιστη παραγωγή σε ξηρή βιομάζα (Mg ha ⁻¹)	35,42	32,90	24,19	5,02
Αρδευτικό νερό (mm)	574,20	710,40	574,20	27,00
Βροχόπτωση (mm)	71,00	71,00	71,00	71,00
Αποθήκευση νερού στο έδαφος (mm)	4,20	1,60	-6,30	-53,30
Συνολικές εισροές νερού (mm)	649,40	783,00	638,90	44,70
W.U.E. (g L ⁻¹ ξηρής βιομάζας / συνολικές εισροές νερού)	5,50	4,20	3,80	11,20
W.U.E. (mm kg ⁻¹ συνολικών εισροών νερού / ξηρής βιομάζας)	183,00	238,00	264,00	89,00



Διάγραμμα 7.10.3: Αποδοτικότητα αρδευτικού νερού για το καλλιεργητικό έτος 2007 στο σύνολο των μεταχειρίσεων.

7.26 Συζήτηση – αποδοτικότητα αρδευτικού νερού

Όπως λοιπόν παρουσιάζεται στους πίνακες 7.7.1 έως και 7.7.3 και στα διαγράμματα 7.10.1 έως και 7.10.3, στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης καταγράφηκαν οι υψηλότερες τιμές αποδοτικότητας σε αρδευτικό νερό, μεταξύ των αρδευομένων μεταχειρίσεων, αναδεικνύοντας έτσι, πέραν των ποσοτικών, και μία ποιοτική ανωτερότητα της συγκεκριμένης μεθόδου έναντι της αντίστοιχης επιφανειακής στάγδην άρδευσης.

Ειδικότερα απαιτήθηκαν 133 – 183 m³ στρέμμα⁻¹ αρδευτικού νερού για τη παραγωγή 1 kg ξηρής βιομάζας στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις και αντίστοιχα 155 – 238 m³ στρέμμα⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό και 190 – 264 m³ στρέμμα⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό.

Στο πίνακα 7.7.4 παρουσιάζονται οι διαφορές της αποδοτικότητας του αρδευτικού νερού, ως ποσοστιαία αναλογία, μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Πίνακας 7.7.4: Ποσοστιαία διαφορά αποδοτικότητας αρδευτικού νερού για το σύνολο των ετών και των μεταχειρίσεων						
2005	Υπόγεια ↔ Επιφανειακή 100% ETm	Υπόγεια ↔ Επιφανειακή 80% ETm	Υπόγεια ↔ Μάρτυρας	Επιφανειακή 100% ETm ↔ Επιφανειακή 80% ETm	Επιφανειακή 100% ETm ↔ Μάρτυρας	Επιφανειακή 80% ETm ↔ Μάρτυρας
	23,53%	42,65%	33,82%	25,00%	13,46%	-15,38%
2006	Υπόγεια ↔ Επιφανειακή 100% ETm	Υπόγεια ↔ Επιφανειακή 80% ETm	Υπόγεια ↔ Μάρτυρας	Επιφανειακή 100% ETm ↔ Επιφανειακή 80% ETm	Επιφανειακή 100% ETm ↔ Μάρτυρας	Επιφανειακή 80% ETm ↔ Μάρτυρας
	14,47%	30,26%	-53,95%	18,46%	-80,00%	-120,75%
2007	Υπόγεια ↔ Επιφανειακή 100% ETm	Υπόγεια ↔ Επιφανειακή 80% ETm	Υπόγεια ↔ Μάρτυρας	Επιφανειακή 100% ETm ↔ Επιφανειακή 80% ETm	Επιφανειακή 100% ETm ↔ Μάρτυρας	Επιφανειακή 80% ETm ↔ Μάρτυρας
	23,64%	30,91%	-103,64%	9,52%	-166,67%	-194,74%

Πιο συγκεκριμένα, η μέγιστη ποσοστιαία διαφορά μεταξύ της υπόγειας στάγδην και της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό παρατηρήθηκε τα έτη 2005 και 2007 (περίπου 23,50%) και η μικρότερη το έτος 2006 (14,50%). Αποδεικνύεται ότι, σε ξηροθερμικές χρονιές, για την εξοικονόμηση αρδευτικού νερού παράλληλα με την αύξηση των τελικών αποδόσεων σε βιομάζα, η χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης θα μπορούσε να αποτελέσει τη βέλτιστη λύση.

Η αποτύπωση της πραγματικής εξοικονόμησης σε αρδευτικό νερό, μεταξύ των δύο σύγχρονων μεθόδων της στάγδην άρδευσης, έγινε με τη σύγκριση των ποσοστιαίων διαφορών αποδοτικότητας του αρδευτικού νερού για ισόποσες δόσεις άρδευσης (80% ETm). Επομένως, όπως παρουσιάζεται και στον πίνακα 7.7.4, η πρακτική εξοικονόμηση σε αρδευτικό νερό υπέρ της υπόγειας στάγδην μεθόδου κυμάνθηκε από 30 – 43%.

Αντίθετα μεταξύ των επιφανειακών στάγδην μεταχειρίσεων το ποσοστό εξοικονόμησης σε αρδευτικό νερό δεν ήταν 20%, όπως αρχικά παρουσιάστηκε από τη διαφορά των χορηγούμενων δόσεων, αλλά κυμάνθηκε από 10 – 25%. Οι μειώσεις αποδοτικότητας σε σχέση με την επιφανειακή στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, τόσο της υπόγειας στάγδην κατά 12 ποσοστιαίες μονάδες, όσο και της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό κατά 15 ποσοστιαίες μονάδες, προέκυψε λόγω των μεγάλων αποκλίσεων των αποδόσεων σε χλωρή και ξηρή βιομάζα, μεταξύ των μεταχειρίσεων, που ως συνεπακόλουθο είχαν την εξάντληση των θρεπτικών στοιχείων από το σύνολο της εδαφικής κατατομής.

Παρ' όλα αυτά δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι οι υψηλότεροι δείκτες αποδοτικότητας εμφανίστηκαν στις επαναλήψεις του μάρτυρα, με εξαίρεση το έτος 2005. Συγκεκριμένα για τα έτη 2006 και 2007 στις επαναλήψεις του μάρτυρα δεν χρειάστηκαν περισσότερα από 90 m³ νερού στρέμμα⁻¹ για τη παραγωγή 1 kg ξηρής βιομάζας όταν στις υπόλοιπες αρδευόμενες μεταχειρίσεις απαιτήθηκαν από 130 – 260 m³ στρέμμα⁻¹.

Η διαπίστωση αυτή όμως αποτελεί έναν καθρέφτη που έχει δύο όψεις. Δηλαδή, από τη μία αποδεικνύεται πλέον και χωρίς καμία αμφιβολία ότι το γλυκό σόργο αποτελεί ουσιαστικά μία "χαμαιλέοντια" καλλιέργεια με εξαιρετικά αμυντική συμπεριφορά σε ξηροθερμικά και άνυδρα περιβάλλοντα (φυτό καμήλα) και αντίστοιχα ισχυρά επιθετική συμπεριφορά όταν οι συνθήκες το ευνοούν, κυρίως εξαιτίας της γονιδιακά τροπικής προελεύσεως του, ενώ παράλληλα, η αλλαγή της συμπεριφοράς της καλλιέργειας υποθάλπεται από τον παράγοντα «διαθεσιμότητα του εδαφικού νερού», που ουσιαστικά καθορίζει τις αποδόσεις αυτής σε χλωρή και ξηρή βιομάζα.

Λαμβάνοντας λοιπόν υπόψη τις μέγιστες τιμές τελικών αποδόσεων σε ξηρή βιομάζα, για το σύνολο των μεταχειρίσεων, καθώς επίσης και τη συνολική ποσότητα νερού που χορηγήθηκε για την επίτευξη αυτών των τιμών, συμπεραίνεται ότι με την υπόγεια στάγδην άρδευση επιτεύχθηκε ακόμη μεγαλύτερη εξοικονόμηση νερού σε

σχέση με τις σύγχρονες επιφανειακές μεθόδους που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στην Ελληνική γεωργία.

Παράλληλα σε πειράματα που έγιναν στην Ισπανία (Curt et al., 1995), αποδείχθηκε ότι τις υψηλότερες τιμές αποδοτικότητας σε αρδευτικό νερό, ανάμεσα σε διάφορες ποικιλίες γλυκού σόργου κατέχει η ποικιλία Keller, με τις τιμές W.U.E. να κυμαίνονται από 3,74 – 5,43 g ξηρής βιομάζας dm⁻³. Επίσης, στη Σικελία διερευνήθηκε η ανάπτυξη και η παραγωγικότητα της ποικιλίας Keller του γλυκού σόργου, παράλληλα με την αποδοτικότητα του αρδευτικού νερού υπό το καθεστώς τριών διαφορετικών επιπέδων άρδευσης. Αποδείχθηκε ότι μείωση των χορηγούμενων δόσεων άρδευσης κατά 38% αντιστοιχεί σε μείωση της παραγωγικότητας κατά 22% και σε αύξηση της αποδοτικότητας της άρδευσης από 4,05 – 5,00 g L⁻¹ (Foti et al., 2004). Παράλληλα σε πειράματα που έγιναν στο Μπάρι της Ιταλίας (Mastrorilli et al., 1995) αποδείχθηκε ότι το γλυκό σόργο δεν διαθέτει απλώς τους μεγαλύτερους δείκτες παραγωγικότητας σε ξηρή βιομάζα, αλλά και τις υψηλότερες τιμές σε αποδοτικότητα του αρδευτικού νερού (W.U.E. = 193 mm kg⁻¹), συγκρίνοντας το με διάφορα άλλα ενεργειακά φυτά, αποτελώντας συμπερασματικά εξαιρετική οικονομική επένδυση με το μικρότερο δυνατό ρίσκο στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου. Τέλος, υψηλές τιμές σε αποδοτικότητα αρδευτικού νερού μετρήθηκαν (Dercas et al., 1995) και στην Κεντρική Ελλάδα (62 – 80 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ET).

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω η υπόγεια στάγδην άρδευση μπορεί κάλλιστα να θεωρηθεί ως πολλά υποσχόμενη και να ληφθεί σοβαρά υπόψη σε μελλοντικές έρευνες και γεωργικές χρήσεις χαμηλών εισροών όπως αυτές των ενεργειακών φυτών.

Το γεγονός ότι σε πολλές των περιπτώσεων χορηγήθηκαν, λόγω των αναγκών σε εξατμισοδιαπνοή, επιπλέον ποσότητες αρδευτικού νερού, παρότι η καλλιέργεια είχε ήδη πάρει την "κατιούσα", αποτελεί σίγουρα ένα πολύ καλό πεδίο για μελλοντική διερεύνηση. Με αφορμή την παραπάνω παρατήρηση στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται μία πρώτη προσέγγιση του βέλτιστου χρόνου συγκομιδής.

7.27 Χρόνος συγκομιδής

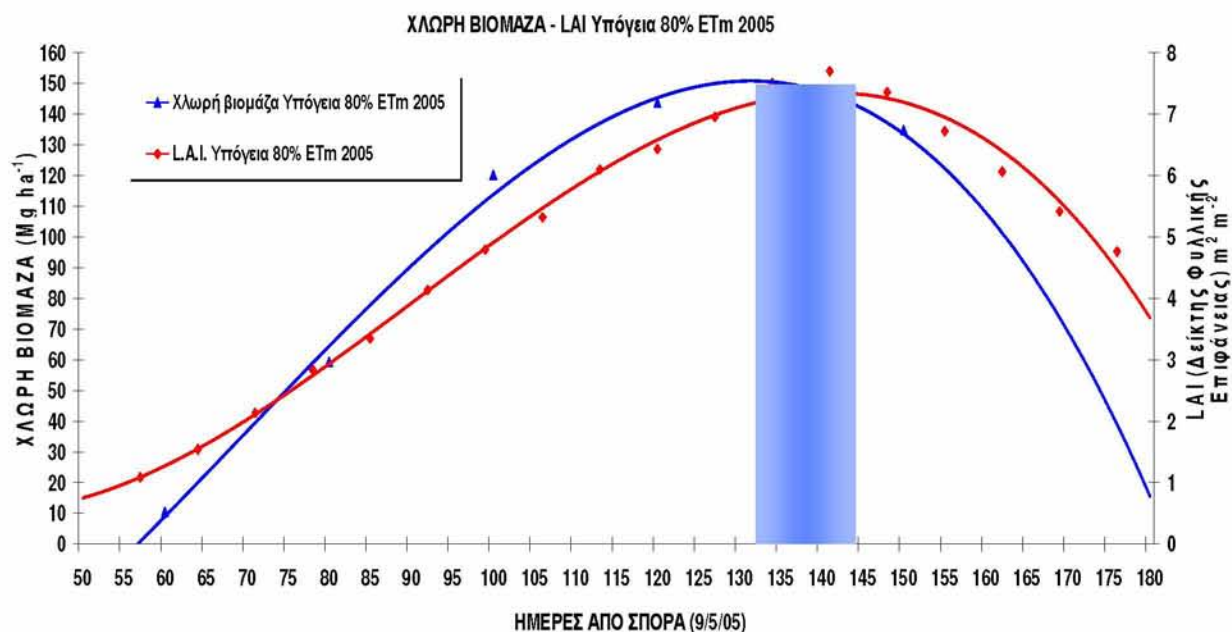
7.27.1 Γενικά

Με σκοπό τη διερεύνηση του βέλτιστου χρόνου συγκομιδής, ενσωματώθηκαν σε κοινά διαγράμματα η εξέλιξη της παραγωγής σε χλωρή βιομάζα και η εξέλιξη του δείκτη φυλλικής επιφάνειας.

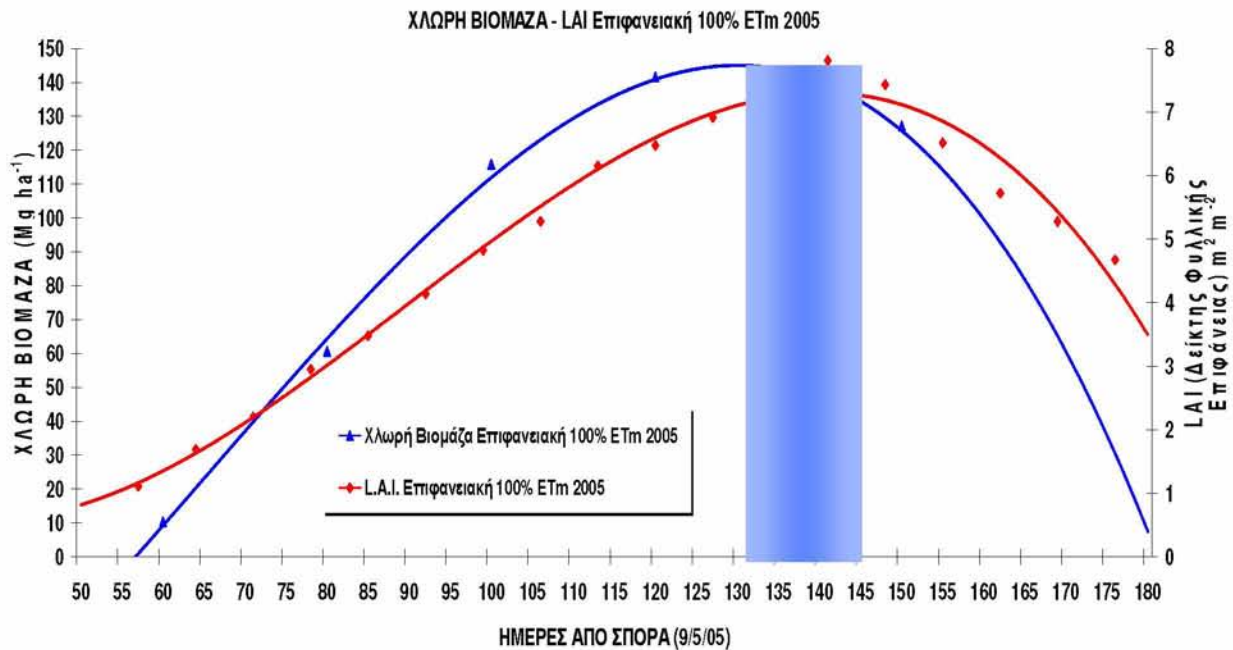
Έτσι στα διαγράμματα 7.11.1 έως και 7.11.12 απεικονίζεται η εξέλιξη χλωρής βιομάζας και δείκτη φυλλικής επιφάνειας στο σύνολο των μεταχειρίσεων και των ετών πραγματοποίησης της έρευνας.

7.27.2 Χρόνος συγκομιδής 2005

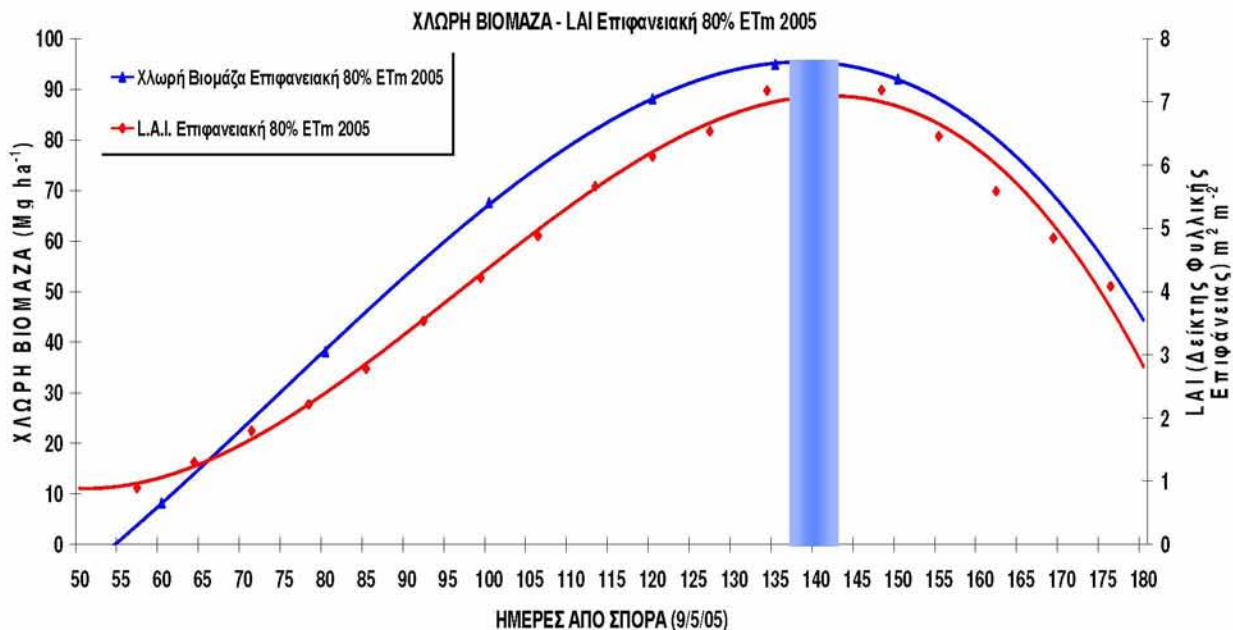
Όπως λοιπόν παρουσιάζεται στα διαγράμματα 7.11.1 έως και 7.11.4, από την εξέλιξη των δεικτών ανάπτυξης και παραγωγικότητας, ο βέλτιστος χρόνος συγκομιδής για τις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης και της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό ήταν, για το καλλιεργητικό έτος 2005, τα μέσα του τελευταίου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου (135 – 140 ημέρες από τη σπορά), για τις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό οι πρώτες ημέρες του Οκτωβρίου (140 – 145 ημέρες από τη σπορά), και για τις επαναλήψεις του μάρτυρα τα τέλη Οκτωβρίου (160 – 170 ημέρες από τη σπορά).



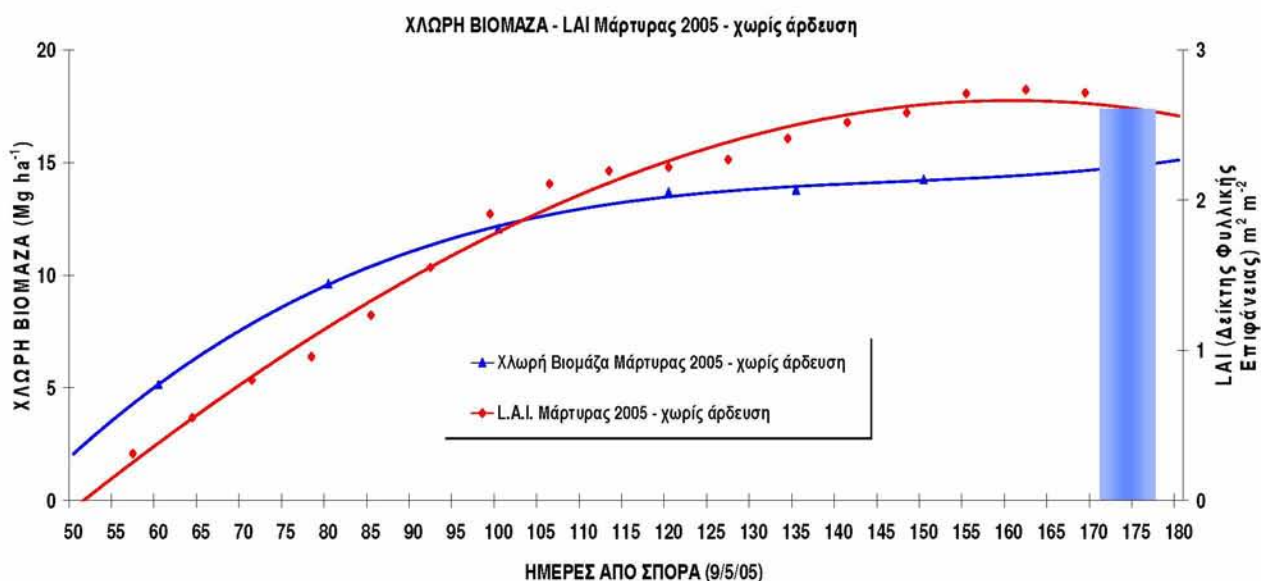
Διάγραμμα 7.11.1: Εξέλιξη χλωρής βιομάζας και δείκτη φυλλικής επιφάνειας των επαναλήψεων της υπόγειας στάγδην άρδευσης για το καλλιεργητικό έτος 2005.



Διάγραμμα 7.11.2: Εξέλιξη χλωρής βιομάζας και δείκτη φυλλικής επιφάνειας των επαναλήψεων της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 100% των απαιτήσεων σε νερό για το καλλιεργητικό έτος 2005.



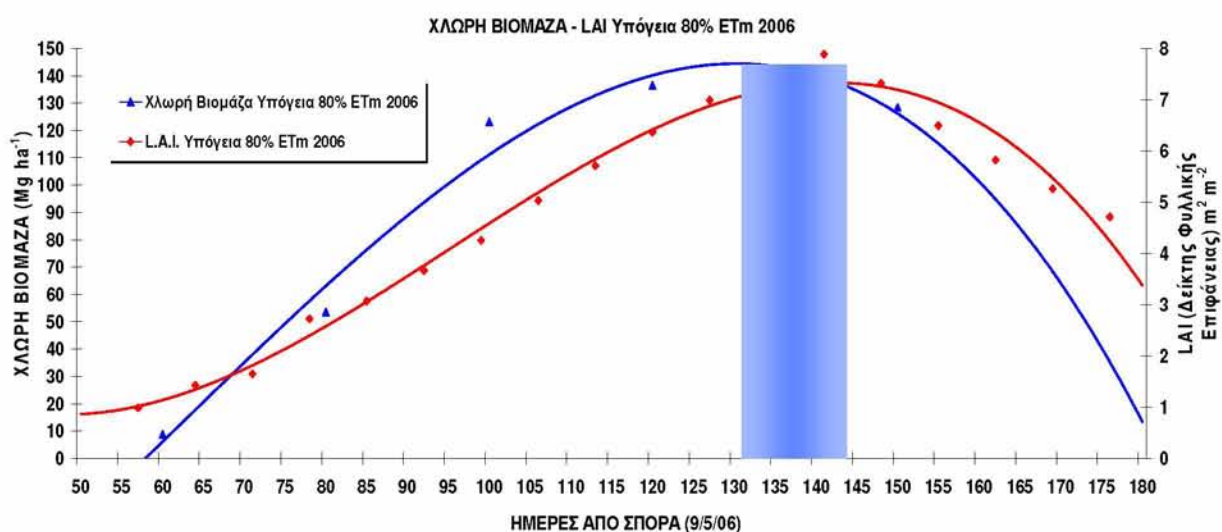
Διάγραμμα 7.11.3: Εξέλιξη χλωρής βιομάζας και δείκτη φυλλικής επιφάνειας των επαναλήψεων της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 80% των απαιτήσεων σε νερό για το καλλιεργητικό έτος 2005.



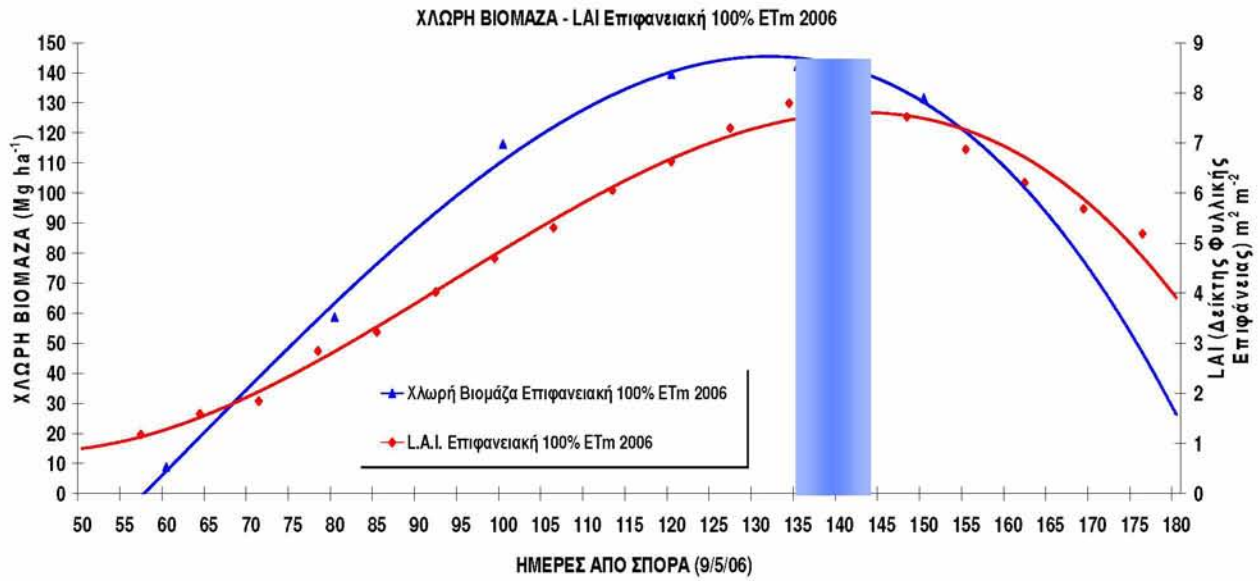
Διάγραμμα 7.11.4: Εξέλιξη χλωρής βιομάζας και δείκτη φυλλικής επιφάνειας των επαναλήψεων του μάρτυρα για το καλλιεργητικό έτος 2005.

7.27.3 Χρόνος συγκομιδής 2006

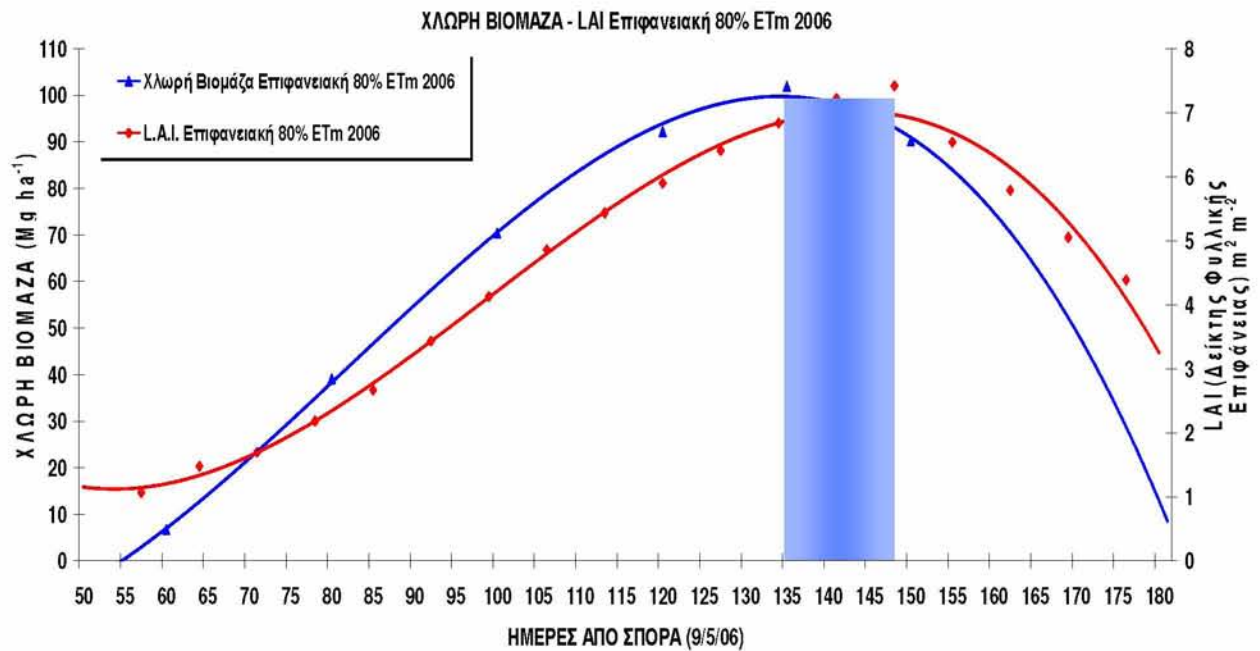
Αντίστοιχα με τα αποτελέσματα του 2005, για το καλλιεργητικό έτος 2006, ο βέλτιστος χρόνος συγκομιδής για τις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης και των επιφανειακών στάγδην ήταν τα μέσα με τέλη του τελευταίου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου (135 – 140 ημέρες από τη σπορά), και για τις επαναλήψεις του μάρτυρα το δεύτερο δεκαήμερο του Οκτωβρίου (155 – 160 ημέρες από τη σπορά), όπως άλλωστε αποτυπώνεται και στα διαγράμματα 7.11.5 έως και 7.11.8.



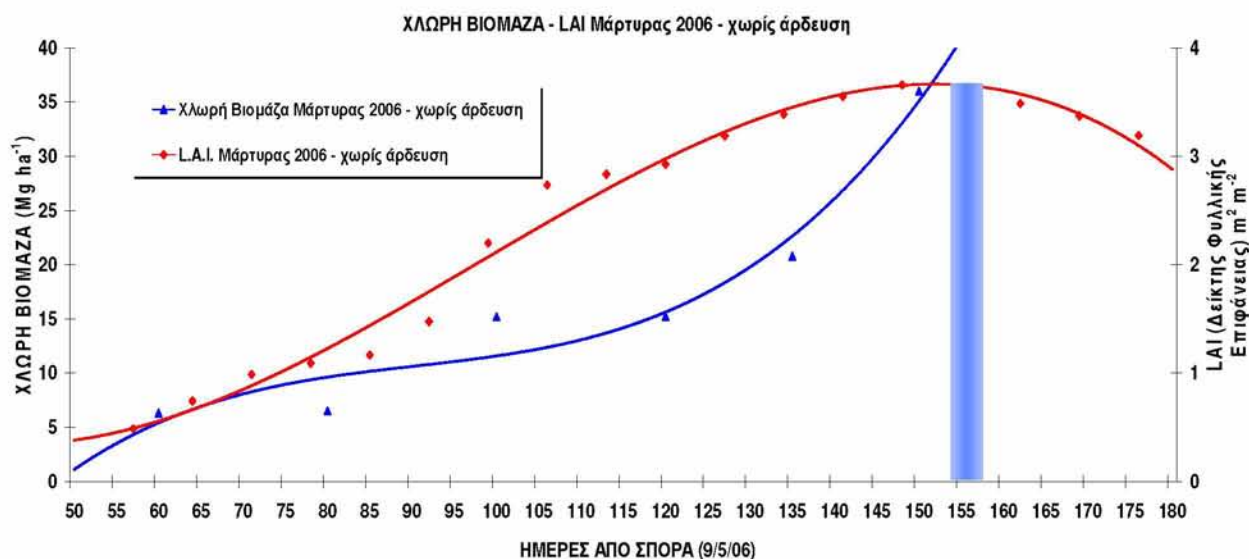
Διάγραμμα 7.11.5: Εξέλιξη χλωρής βιομάζας και δείκτη φυλλικής επιφάνειας των επαναλήψεων της υπόγειας στάγδην άρδευσης για το καλλιεργητικό έτος 2006.



Διάγραμμα 7.11.6: Εξέλιξη χλωρής βιομάζας και δείκτη φυλλικής επιφάνειας των επαναλήψεων της επιφανειακής στάθμης άρδευσης στο 100% των απαιτήσεων σε νερό για το καλλιεργητικό έτος 2006.



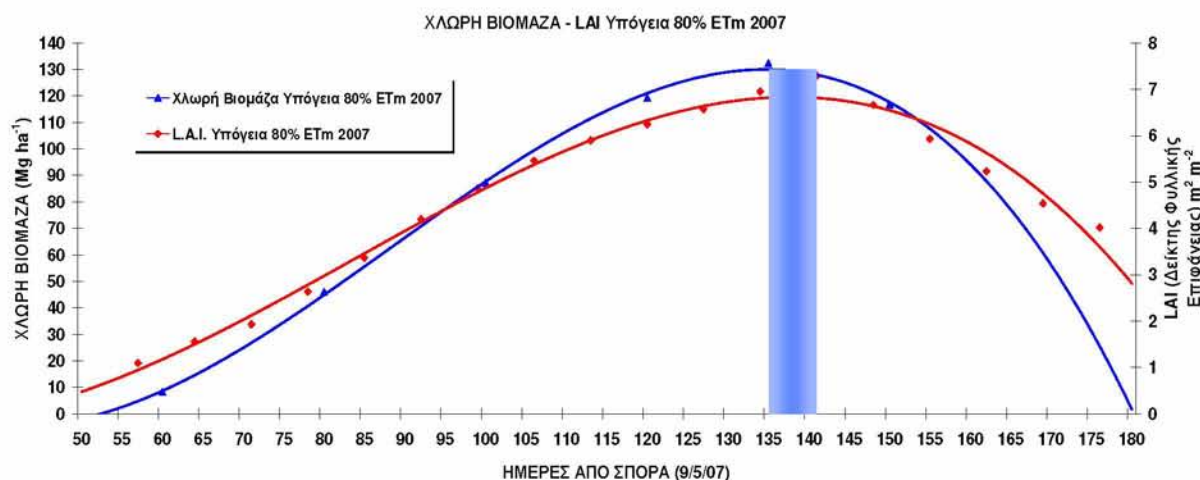
Διάγραμμα 7.11.7: Εξέλιξη χλωρής βιομάζας και δείκτη φυλλικής επιφάνειας των επαναλήψεων της επιφανειακής στάθμης άρδευσης στο 80% των απαιτήσεων σε νερό για το καλλιεργητικό έτος 2006.



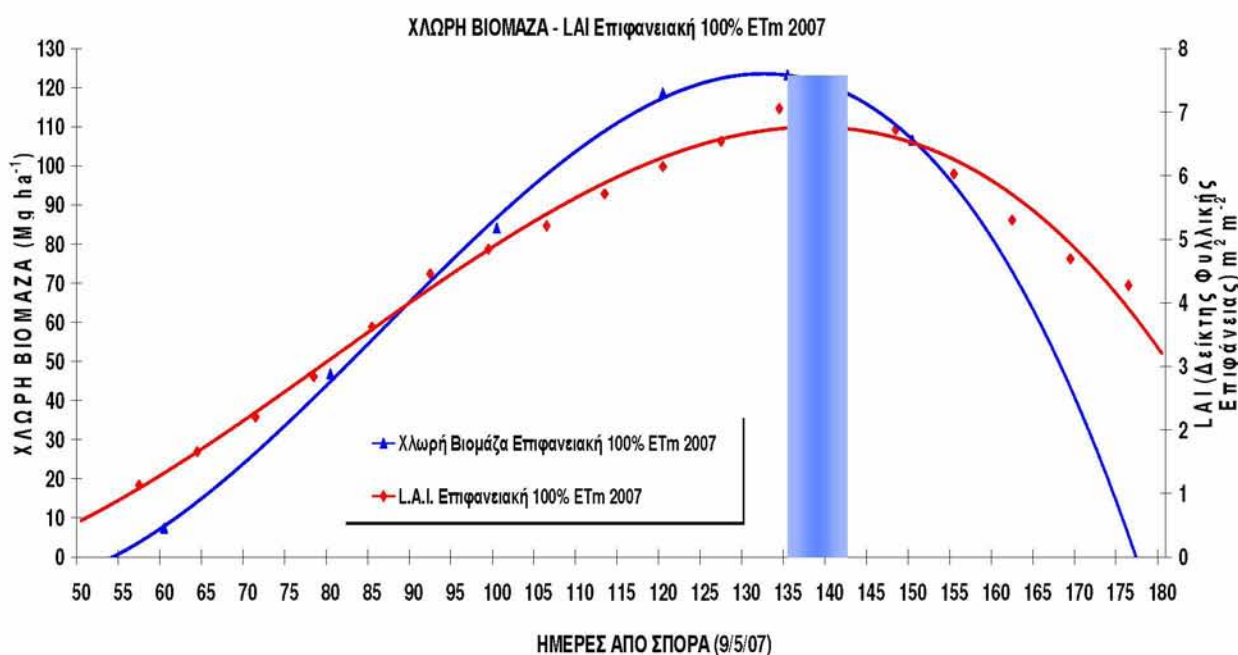
Διάγραμμα 7.11.8: Εξέλιξη χλωρής βιομάζας και δείκτη φυλλικής επιφάνειας των επαναλήψεων του μάρτυρα για το καλλιεργητικό έτος 2006.

7.27.4 Χρόνος συγκομιδής 2007

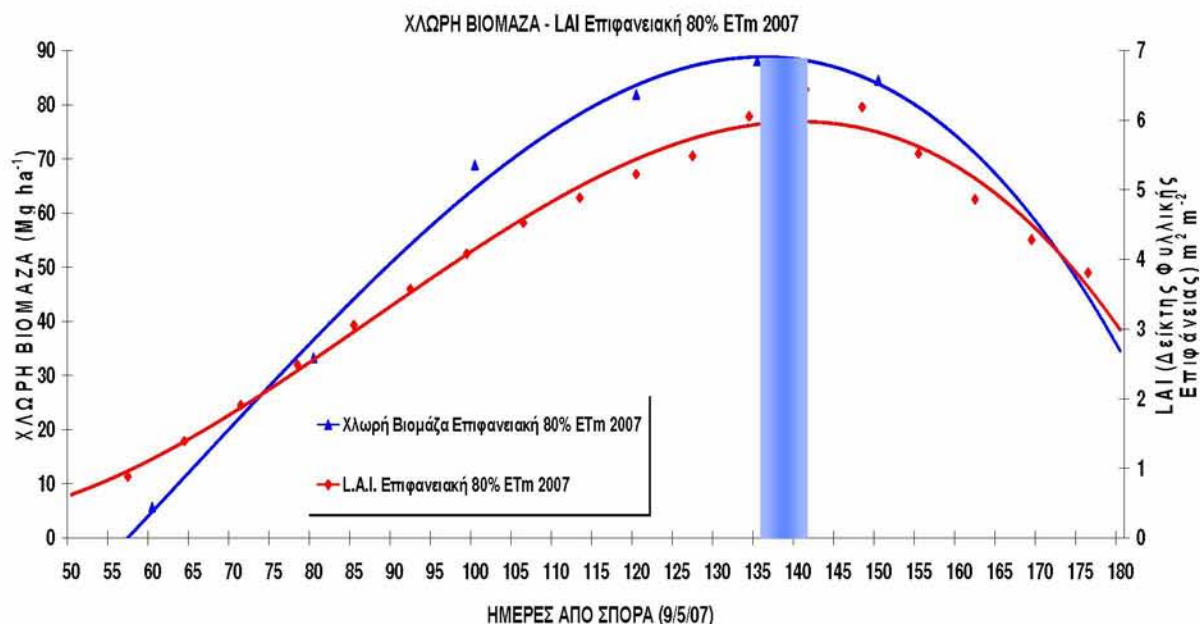
Τέλος, ο βέλτιστος χρόνος συγκομιδής, για το καλλιεργητικό έτος 2007, όπως παρουσιάζεται και στα διαγράμματα 7.11.9 έως και 7.11.12, για τις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης και της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό ήταν τα μέσα του τελευταίου δεκαημέρου του Σεπτεμβρίου (135 – 140 ημέρες από τη σπορά), για τις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό τα τέλη Σεπτεμβρίου με τις πρώτες ημέρες του Οκτωβρίου (135 – 145 ημέρες από τη σπορά), και για τις επαναλήψεις του μάρτυρα τα τέλη Οκτωβρίου (160 – 170 ημέρες από τη σπορά).



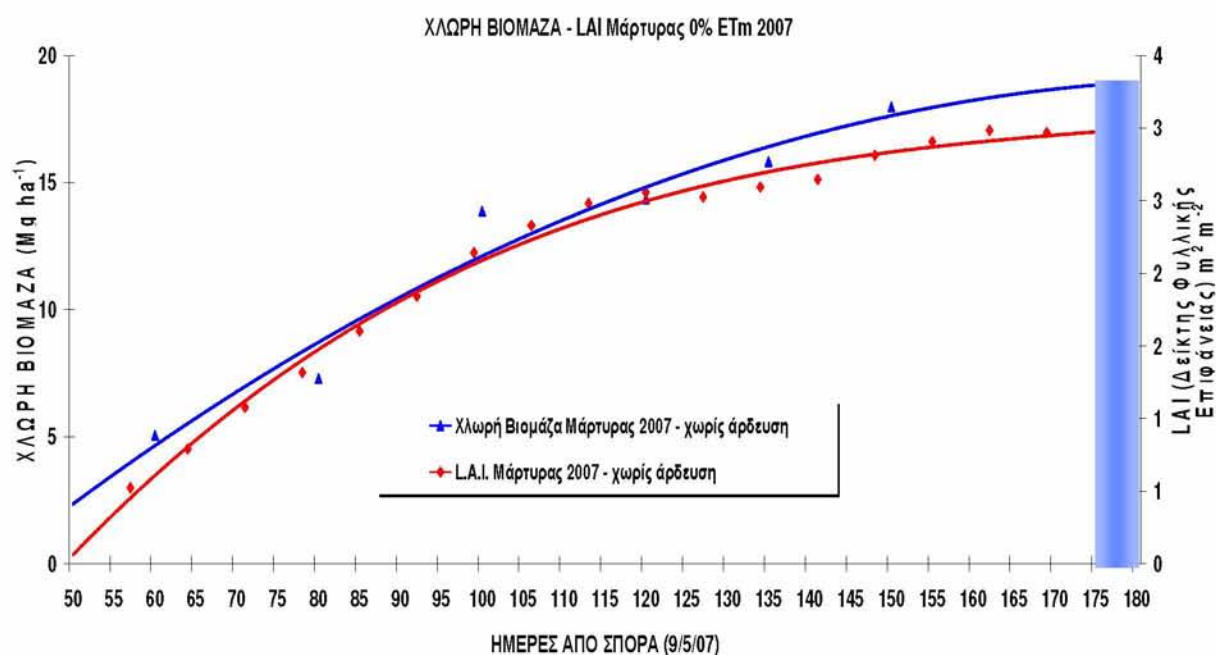
Διάγραμμα 7.11.9: Εξέλιξη χλωρής βιομάζας και δείκτη φυλλικής επιφάνειας των επαναλήψεων της υπόγειας στάγδην άρδευσης για το καλλιεργητικό έτος 2007.



Διάγραμμα 7.11.10: Εξέλιξη χλωρής βιομάζας και δείκτη φυλλικής επιφάνειας των επαναλήψεων της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 100% των απαιτήσεων σε νερό για το καλλιεργητικό έτος 2007.



Διάγραμμα 7.11.11: Εξέλιξη χλωρής βιομάζας και δείκτη φυλλικής επιφάνειας των επαναλήψεων της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 80% των απαιτήσεων σε νερό για το καλλιεργητικό έτος 2007.



Διάγραμμα 7.11.12: Εξέλιξη χλωρής βιομάζας και δείκτη φυλλικής επιφάνειας των επαναλήψεων του μάρτυρα για το καλλιεργητικό έτος 2007.

7.28 Συζήτηση – χρόνος συγκομιδής

Οι χρόνοι συγκομιδής συμφωνούν απόλυτα με τη φυσιολογική εξέλιξη και ωρίμανση της καλλιέργειας του γλυκού σόργου. Για τις ανοιξιάτικες λοιπόν σπορές, υπό κανονικές συνθήκες άρδευσης, απαιτήθηκε συνολικά ένα διάστημα 135 – 140 ημερών (4,5 μήνες) για να ολοκληρώσει η καλλιέργεια την αναπτυξιακή και παραγωγική της διαδικασία. Αντίθετα σε καλλιέργειες χωρίς άρδευση ο χρόνος συγκομιδής παρατάθηκε κατά ένα μήνα περίπου.

Άλλωστε, όπως είναι γνωστό από αντίστοιχες έρευνες (Dalianis et al., 1994 ; Dalianis et al., 1995; Curt et al., 1995 ; Boukis et al., 1995 ; Alexoroulou et al., 1998 ; Roman et al., 1998b), η μεγιστοποίηση τόσο των αποδόσεων σε χλωρή βιομάζα της καλλιέργειας του γλυκού σόργου όσο και σε συγκεντρώσεις ζυμώσιμων σακχάρων ολοκληρώνεται στα τέλη Σεπτεμβρίου με αρχές Οκτωβρίου.

Επίσης για τις όψιμες σπορές (αρχές Ιουνίου) ο βέλτιστος χρόνος συγκομιδής, για τις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην και της επιφανειακής στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, τοποθετείται στο δεύτερο δεκαήμερο του Οκτωβρίου, ενώ για τις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα παρατάθηκε έως και τις αρχές Νοεμβρίου.

7.29 Τελικά συμπεράσματα

Στο τελευταίο αυτό κεφάλαιο της παρούσας έρευνας συνοψίζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ολοκλήρωση της έρευνας.

Οι κλιματικές συνθήκες (θερμοκρασία αέρα και βροχόπτωση) που επικράτησαν καθ' όλη τη διάρκεια του θέρους των ετών 2005 και 2006 βοήθησαν στο μέγιστο στην επίτευξη υψηλών τελικών αποδόσεων σε χλωρή και ξηρή βιομάζα (προάγοντας την απορρόφηση μεγαλύτερων ποσοτήτων αζώτου). Αντίθετα η έντονη ξηρασία της καλλιεργητικής περιόδου του έτος 2007 επέδρασε αρνητικά στην αναπτυξιακή διαδικασία των φυτών, κυρίως εξαιτίας της γονιδιακά τροπικής προελεύσεως τους.

Ο σωστός προγραμματισμός των αρδεύσεων, με μικρές αλλά συχνές χορηγούμενες δόσεις, σε συνδυασμό με τις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας, μεγιστοποίησαν τους αναπτυξιακούς και παραγωγικούς ρυθμούς της καλλιέργειας.

Σαφής ήταν η υπεροχή των επιφανειακών στάγδην μεταχειρίσεων, σε τιμές υγρασίας εδάφους, στο επιφανειακό κομμάτι της εδαφικής κατατομής (0 – 15 cm) έναντι της υπόγειας στάγδην μεταχείρισης, αντίθετα σαφή υπεροχή των επαναλήψεων της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι των επιφανειακών στάγδην εμφανίστηκε στο κομμάτι της εδαφικής κατατομής από τα 30 – 60 cm. Οι τιμές υγρασίας του εδάφους στην περιοχή του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών (30 – 60 cm) έδειξαν μία σαφή ποιοτική υπεροχή της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι των επιφανειακών, εξαιτίας της διατήρησης των τιμών της εδαφικής υγρασίας πλησίον της υδατοϊκανότητας για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, με τη ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση των απωλειών σε επιφανειακή εξάτμιση.

Όσον αφορά στην αναπτυξιακή δραστηριότητα των φυτών παρατηρήθηκε:

Υπεροχή των φυτών που αρδεύτηκαν με σταγόνα υπογείως έναντι των φυτών που αρδεύτηκαν με σταγόνα επιφανειακά, τόσο σε ρυθμούς ανάπτυξης όσο και σε μέσες τελικές τιμές υψών και φυλλικής επιφάνειας.

Ειδικότερα, επιτεύχθηκαν υψηλότεροι ρυθμοί ανάπτυξης, με εξαίρεση τη πρώιμη σπορά του έτους 2006, στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις εξαιτίας της άμεσης πρόσβασης του αρδευτικού νερό στο ενεργό κομμάτι του ριζοστρώματος των φυτών. Για αναλογικά ισόποσες χορηγούμενες δόσεις άρδευσης η υπόγεια στάγδην υπερτερούσε της επιφανειακής στάγδην άρδευσης σε αναπτυξιακούς ρυθμούς. Σε ήπιες κλιματικά περιόδους δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων της υπόγειας στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και της επιφανειακής στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, εξαιτίας των μειωμένων απωλειών σε επιφανειακή εξάτμιση. Το κυριότερο πλεονέκτημα των επιφανειακών στάγδην μεταχειρίσεων, έναντι της υπόγειας στάγδην άρδευσης, ήταν η γρήγορη έναρξη της

αναπτυξιακής διαδικασίας (πρώιμη ανάπτυξη της καλλιέργειας – μικρό βάθος ρίζας). Παρατηρήθηκε αντοχή στη γήρανση των φύλλων στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, ειδικότερα κατά το καλλιεργητικό έτος 2005. Η αποτύπωση της εξελικτικής πορείας των πειραματικών με τη μέθοδο της γεωστατιστικής, ανέδειξε υπεροχή των κεντρικών σειρών με νοτιοανατολικό προσανατολισμό.

Απαραίτητη επίσης θεωρείται η χορήγηση λιπαντικής αγωγής μετά το πέρας δύο συναπτών ετών καλλιέργειας του αγρού με γλυκό σόργο, ειδικότερα σε εδάφη χαμηλής έως και μέτριας γονιμότητας. Οι όψιμες σπορές (αρχές Ιουνίου) σε ελεγχόμενες καλλιέργειες γλυκού σόργου (άρδευση – λίπανση), χωρίς διάκριση της ποικιλίας (πρώιμη – όψιμη), πρέπει να γίνεται με περιορισμό των αρδεύσεων και των εισροών σε χημικά λιπάσματα (μείωση ανταποδοτικότητας).

Επομένως, τα φυτά που αρδεύτηκαν με σταγόνα υπόγεια, αναπτύχθηκαν καλύτερα και αντιστάθηκαν στην γήρανση για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, σε σχέση με τα φυτά που αρδεύτηκαν με τις μεθόδους της επιφανειακής στάγδην άρδευσης. Επιβεβαιώνεται επίσης η ανάγκη χορήγησης αρδευτικού νερού και στις καλλιέργειες χαμηλών απαιτήσεων όταν επιδιώκεται αφενός η βέλτιστη ανάπτυξη και αφετέρου η υψηλή παραγωγικότητα και μάλιστα απουσία λιπαντικής αγωγής.

Όσον αφορά στην παραγωγική διαδικασία των φυτών:

Παρατηρήθηκε υπεροχή των επαναλήψεων που αρδεύτηκαν υπόγεια σε παραγωγή χλωρής και ξηρής βιομάζας έναντι των επιφανειακών στάγδην επαναλήψεων.

Ειδικότερα οι υψηλές αποδόσεις, στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, προέκυψαν λόγω της ιδιαιτερότητας της μεθόδου, καθώς επιτρέπει τη διοχέτευση του αρδευτικού νερού στο τμήμα του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών, χωρίς απώλειες (επιφανειακή εξάτμιση), κάτι που βοηθά στη διατήρηση ικανοποιητικών τιμών εδαφικής υγρασίας μετά το πέρας της κάθε εφαρμογής.

Συγκεκριμένα υπήρξε ανωτερότητα στις αποδόσεις χλωρής και ξηρής βιομάζας των βλαστών με τη χρήση της υπόγεια στάγδην άρδευσης στο σύνολο των ετών πραγματοποίησης του πειράματος, τόσο για τη πρώιμη (με εξαίρεση το έτος 2006) όσο και για την όψιμη σπορά. Για αναλογικά ισόποσες χορηγούμενες δόσεις άρδευσης η υπόγεια υπερτερούσε της επιφανειακής στάγδην άρδευσης σε παραγωγικούς ρυθμούς και σε τελικές μέσες αποδόσεις σε χλωρή και ξηρή βιομάζα. Σε χρονιές με υψηλές απαιτήσεις σε αρδευτικό νερό η υπόγεια στάγδην άρδευση υπερτερούσε της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, με μεγιστοποίηση των τελικών αποδόσεων σε χλωρή και ξηρή βιομάζα, ενώ τα αποτελέσματα ισοσταθμίστηκαν όταν οι απαιτήσεις σε αρδευτικό νερό μειώθηκαν και οι μέσες θερμοκρασίες ημέρας έγιναν ηπιότερες. Παρατηρήθηκαν υψηλοί ρυθμοί παραγωγικότητας, ειδικότερα στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, στο σύνολο των ετών της έρευνας και σε συγκεκριμένα χρονοδιαστήματα (30/7 – 18/8 πρώιμη σπορά, 28/8 – 16/9 όψιμη σπορά). Το δυναμικό παραγωγής του γλυκού σόργου (C₄ φυτό) για

τα δεδομένα της Μεσογείου (4,0 Mg ξηρής βιομάζας στο στρέμμα), ξεπεράστηκε στις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης με τη πρώιμη σπορά του έτους 2005 και στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις στο 100% των απαιτήσεων σε νερό με τη πρώιμη σπορά του έτους 2006. Η θεωρητική απόδοση της ξηρής βιομάζας σε Τ.Ι.Π. (Τόνους Ισοδύναμου Πετρελαίου) κυμάνθηκε σε τιμές 1,0 – 1,7 Τ.Ι.Π. στο σύνολο των αρδευομένων μεταχειρίσεων της πρώιμης σποράς και ήταν υποβαθμισμένη σε ποσοστά 20 – 25% στις αντίστοιχες μεταχειρίσεις της όψιμης σποράς. Οι όψιμες σπορές (αρχές Ιουνίου) της καλλιέργειας του γλυκού σόργου, για το Μεσογειακό θέρους της κεντρικής Ελλάδας, δεν ήταν εξίσου αποδοτικές με τις αντίστοιχες πρώιμες σπορές (αρχές Μαΐου), εκτός εάν πραγματοποιούνταν καλλιέργεια γλυκού σόργου με ελάχιστες έως μηδενικές εισροές σε αρδευτικό νερό (μείωση και της οικονομικής προσόδου). Παρατηρήθηκαν στις επαναλήψεις του μάρτυρα, λόγω των αυξημένων ενεργειακών απαιτήσεων σε αναπνοή συντήρησης και της μειωμένης έντασης ακτινοβολίας, μεγαλύτερες αποδόσεις σε χλωρή βιομάζα στις όψιμες επαναλήψεις και αντίστροφα μεγαλύτερες αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα των πρώιμων επαναλήψεων (διαφορές υγρασίας βλαστών – μείωση του αναπτυξιακού – παραγωγικού κύκλου της καλλιέργειας). Η αποτύπωση της εξελικτικής πορείας των πειραματικών με τη μέθοδο της γεωστατιστικής, ανέδειξε σαφή υπεροχή των κεντρικών σειρών με νοτιοανατολικό προσανατολισμό.

Απαραίτητη επίσης θεωρείται η χορήγηση λιπαντικής αγωγής μετά το πέρας δύο συναπτόν ετών καλλιέργειας του αγρού με γλυκό σόργο, ειδικότερα σε εδάφη χαμηλής έως και μέτριας γονιμότητας. Η σύγκριση των αποδόσεων μεταξύ της πρώιμης και της όψιμης σποράς ανέδειξε, για το έτος 2006, μείωση των αποδόσεων στις όψιμες αρδευόμενες μεταχειρίσεις σε ποσοστά 17 – 30% με ταυτόχρονη εξοικονόμηση νερού σε ποσοστό 12,5%, και για το έτος 2007, 7 – 17% μείωση αποδόσεων με αντίστοιχα 7,5% ποσοστό εξοικονόμησης νερού.

Αποδεικνύεται έτσι, η δυνατότητα χρήσης του γλυκού σόργου ως ενεργειακού φυτού για την παραγωγή υψηλών ποσοτήτων βιοκαυσίμου στην Κεντρική Ελλάδα με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης.

Όσον αφορά την επίδραση του ριζοαπωθητικού στην ανάπτυξη των ζιζανίων παρατηρήθηκε:

Αύξηση της χλωρής και ξηρής βιομάζας των ζιζανίων στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, από τις αρχές Αυγούστου ως και τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου. Η ανωτερότητα αυτή δεν ήταν στατιστικώς σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 95%, καθ' όλη τη διάρκεια διεξαγωγής της έρευνας για το έτος 2006. Η παραγωγή χλωρής βιομάζας ζιζανίων στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις ήταν κατά μέσο όρο 13,5% υποβαθμισμένη σε σχέση με τις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό. Οι επαναλήψεις του μάρτυρα (χωρίς άρδευση) εμφάνισαν το μικρότερο πληθυσμό και τις κατώτερες παραγωγές σε χλωρή και ξηρή βιομάζα ζιζανίων. Σε

τελική ανάλυση δεν αποδείχτηκε ότι η ανάπτυξη των ζιζανίων στις μεταχειρίσεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης επηρεάστηκε από τη χορήγηση της τριφλουραλίνης υπογείως ως ριζοαπωθητικού, καθώς οι διαφορές με τις υπόλοιπες αρδευόμενες μεταχειρίσεις δεν ήταν στατιστικώς σημαντικές.

Όσον αφορά τη παραγωγή βιοαιθανόλης παρατηρήθηκαν:

Μέσες μέγιστες τιμές σε παραγωγή βιοαιθανόλης, για τη πρόιμη σπορά, της τάξης των 10.170,00 L ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις το έτος 2005, της τάξης των 9.770,00 L ha⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις στο 100% των απαιτήσεων σε νερό το έτος 2006, της τάξης των 7.070,00 L ha⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις στο 80% των απαιτήσεων σε νερό το έτος 2006, και στις επαναλήψεις του μάρτυρα της τάξης των 2.610,00 L ha⁻¹ το έτος 2006. Ειδικότερα, οι τιμές παραγωγής αιθανόλης κυμάνθηκαν από, 6.840,00 – 12.470,00 L ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, από 6.290,00 – 12.000,00 L ha⁻¹ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, από 4.560,00 – 8.590,00 L ha⁻¹ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και από 740,00 – 3.040,00 L ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα. Αντίστοιχα, οι μέσες μέγιστες αποδόσεις σε παραγωγή αιθανόλης για την όψιμη σπορά ήταν, για την υπόγεια στάγδην άρδευση 7.840,00 L ha⁻¹, για την επιφανειακή στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό 7.390,00 L ha⁻¹, για την επιφανειακή στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό 5.700,00 L ha⁻¹, και για τις επαναλήψεις του μάρτυρα 2.840,00 L ha⁻¹ και παρατηρήθηκαν στο σύνολο τους στο ήπιο κλιματικά έτος του 2006. Μάλιστα, οι τιμές παραγωγής αιθανόλης κυμάνθηκαν από 5.570,00 – 9.630,00 L ha⁻¹ στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις, από 5.150,00 – 9.050,00 L ha⁻¹ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, από 4.070,00 – 7.020,00 L ha⁻¹ στις επαναλήψεις της επιφανειακής στο 80% των απαιτήσεων σε νερό, και από 1.430,00 – 3.350,00 L ha⁻¹ στις επαναλήψεις του μάρτυρα.

Οι τιμές αυτές σε παραγωγή βιοαιθανόλης ήταν εξαιρετικά υψηλές, αποδεικνύοντας έτσι ότι το συγκεκριμένο ενεργειακό φυτό μπορεί να αποτελέσει μία άριστη εναλλακτική λύση για την παραγωγή βιομάζας και ενέργειας στην κεντρική Ελλάδα στα πλαίσια της αειφορικής γεωργίας των χαμηλών εισροών με τη χρήση σύγχρονων μεθόδων άρδευσης.

Όσον αφορά την εξοικονόμηση – αποδοτικότητα του αρδευτικού νερού:

Απαιτήθηκαν 133 – 183 m³ στρέμμα⁻¹ αρδευτικού νερού για τη παραγωγή 1 kg ξηρής βιομάζας στις υπόγειες στάγδην επαναλήψεις και αντίστοιχα 155 – 238 m³ στρέμμα⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό και 190 – 264 m³ στρέμμα⁻¹ στις επιφανειακές στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό.

Πιο συγκεκριμένα, η μέγιστη ποσοστιαία διαφορά μεταξύ της υπόγειας στάγδην και της επιφανειακής στάγδην στο 100% των απαιτήσεων σε νερό παρατηρήθηκε τα έτη 2005 και 2007 (περίπου 23,50%) και η μικρότερη το έτος 2006 (14,50%). Η πραγματική εξοικονόμηση σε αρδευτικό νερό μεταξύ της υπόγειας και

της επιφανειακής στάγδην κυμάνθηκε από 30 – 43%. Αντίθετα μεταξύ των επιφανειακών στάγδην μεταχειρίσεων το ποσοστό εξοικονόμησης σε αρδευτικό νερό κυμάνθηκε από 10 – 25%. Οι υψηλότεροι δείκτες αποδοτικότητας εμφανίζονται στις επαναλήψεις του μάρτυρα, με εξαίρεση το έτος 2005. Συγκεκριμένα για τα έτη 2006 και 2007 στις επαναλήψεις του μάρτυρα δεν χρειάστηκαν περισσότερα από 90 m³ νερού στρέμμα⁻¹ για τη παραγωγή 1 kg ξηρής βιομάζας όταν στις υπόλοιπες αρδευόμενες μεταχειρίσεις απαιτήθηκαν από 130 – 260 m³ στρέμμα⁻¹, με σαφή όμως μείωση της παραγόμενης ποσότητας σε χλωρή, ξηρή βιομάζα και ενέργεια.

Λαμβάνοντας λοιπόν υπόψη τις μέγιστες τιμές τελικών βαρών σε ξηρή βιομάζα για το σύνολο των μεταχειρίσεων, καθώς επίσης και τη συνολική ποσότητα νερού που χορηγήθηκε για την επίτευξη αυτών των τιμών, συμπεραίνεται ότι με την υπόγεια στάγδην άρδευση επιτεύχθηκε ακόμη μεγαλύτερη εξοικονόμηση νερού σε σχέση με τις σύγχρονες επιφανειακές μεθόδους που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στην Ελληνική γεωργία. Επομένως η υπόγεια στάγδην άρδευση μπορεί κάλλιστα να θεωρηθεί ως πολλά υποσχόμενη και να ληφθεί σοβαρά υπόψη σε μελλοντικές έρευνες και γεωργικές χρήσεις χαμηλών εισροών όπως αυτές των ενεργειακών φυτών.

Όσον αφορά το χρόνο συγκομιδής:

Για τις ανοιξιάτικες σπορές, υπό κανονικές συνθήκες άρδευσης, η καλλιέργεια απαιτεί συνολικά ένα διάστημα 135 – 140 ημερών (4,5 μήνες) για να ολοκληρώσει την αναπτυξιακή και παραγωγική της διαδικασία και για να μεγιστοποιηθούν οι συγκεντρώσεις των ζυμώσιμων σακχάρων στους βλαστούς της. Αντίθετα σε καλλιέργειες χωρίς άρδευση ο χρόνος συγκομιδής παρατείνεται κατά ένα μήνα περίπου. Επίσης για τις όψιμες σπορές (αρχές Ιουνίου) ο βέλτιστος χρόνος συγκομιδής, για τις επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην και της επιφανειακής στο 100% των απαιτήσεων σε νερό, ξεκινά από το δεύτερο δεκαήμερο του Οκτωβρίου, ενώ για τις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 80% των απαιτήσεων σε νερό και του μάρτυρα μπορεί να παραταθεί έως και τις αρχές Νοεμβρίου.

Κλείνοντας ειδική αναφορά πρέπει να γίνει για τις επαναλήψεις που δεν αρδεύτηκαν καθόλου. Οι υψηλές τιμές σε παραγωγή χλωρής, ξηρής βιομάζας και ενέργειας, που παρατηρήθηκαν ειδικά το έτος 2006, σε συνδυασμό με τις υψηλές τιμές βροχόπτωσης που είχε ως αποτέλεσμα την απορρόφηση σημαντικών ποσοτήτων αζώτου από το έδαφος, αποδεικνύει τη σημασία χρήσης της εν λόγω καλλιέργειας σε αμειψισπορές σε συνδυασμό με καλλιέργειες υψηλών απαιτήσεων. Ακόμη περισσότερο σε περιπτώσεις υποβαθμισμένων εδαφών η εναλλαγή του γλυκού σόργου με διάφορα ψυχανθή, εφαρμόζοντας ταυτόχρονα τις αρχές της 0 – γεωργίας (αδιατάρακτο έδαφος, χλωρά λίπανση, εξάλειψη οιασδήποτε χημικής προσθήκης, κτλ.) θα μπορούσε να βελτιώσει τις φυσικές και χημικές ιδιότητες των εδαφών, διατηρώντας παράλληλα τη κερδοφορία τους. Οι αλλαγές άλλωστε των καιρών (αύξηση ημερήσιας θερμοκρασίας – μείωση κατακρημνισμάτων – αύξηση

ενεργειακών αναγκών – ρύπανση των εδαφών και των υπόγειων υδάτων) οδηγούν στην αναθεώρηση όλων αυτών που έως σήμερα θεωρούνταν αυτονόητα.

Συμπερασματικά τονίζεται ότι, οι αποδόσεις αυτές της καλλιέργειας σε συνδυασμό με την εξοικονόμηση του αρδευτικού νερού, καθιστά φανερή τη δυναμική του γλυκού σόργου ως εναλλακτικής καλλιέργειας για την παραγωγή βιομάζας και ενέργειας, ενθαρρύνοντας την εισαγωγή του σε μελλοντικές αμειψισπορές, στα πλαίσια της νέας αειφορικής γεωργίας των χαμηλών εισροών, προσδίδοντας ένα επιπλέον στρατηγικό πλεονέκτημα στην οικοδόμηση μίας σύγχρονης και συνεχώς εξελισσόμενης Ελληνικής γεωργίας.

7.30 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

Η παρούσα διδακτορική διατριβή καλύπτει σαφώς ένα μεγάλο ερευνητικό κομμάτι της βελτιστοποίησης της παραγωγής του ενεργειακού φυτού Σόργου με τη χρήση της επιφανειακής και της υπόγειας στάγδην άρδευσης.

Παρ' όλα αυτά υπάρχουν σημαντικά πεδία επιστημονικής διερεύνησης για το μέλλον. Τα αντικείμενα που θα πρέπει να διερευνηθούν είναι:

- ✓ πρώτον η βέλτιστη ποσοστιαία διαφορά σε δόσεις άρδευσης μεταξύ των δύο σύγχρονων μεθόδων για τη μεγιστοποίηση της παραγωγής σε χλωρή και ξηρή βιομάζα,
- ✓ δεύτερον η πυκνότητα σποράς σε συνδυασμό και με τις αποστάσεις τοποθέτησης των αρδευτικών σωλήνων και σταλακτήρων επί των γραμμών άρδευσης,
- ✓ τρίτον η διερεύνηση των παραμέτρων της άρδευσης και της λίπανσης σε κοινή μελέτη για την αύξηση της παραγωγικότητας σε χλωρή, ξηρή βιομάζα και ενέργεια και για την αύξηση της οικονομικής ανταπόδοσης,
- ✓ τέταρτο η διερεύνηση διαφόρων ποικιλιών του γλυκού και ινώδους Σόργου για τα κλιματικά δεδομένα της Κεντρικής Ελλάδας,
- ✓ και πέμπτο η οργάνωση μίας οικονομοτεχνικής μελέτης (αξία αγοράς υλικών άρδευσης, αξία τοποθέτησης, αξία σπόρου – λιπασμάτων, τιμές παραγόμενων προϊόντων – επιδοτήσεων, ανταποδοτικότητα χρημάτων κ.α.).

Η χρήση σύγχρονων μεθόδων άρδευσης σε συνδυασμό με τη παραγωγή ενεργειακών καλλιεργειών, ειδικότερα στον Ευρωπαϊκό χώρο, αποτελούν για την επιστήμη τόσο της αγροτικής παραγωγής όσο και των αρδεύσεων μεγάλο πεδίο διερεύνησης. Αρκεί οι εξαγγελίες των κυβερνήσεων για "πράσινη ανάπτυξη" να μην πέσουν πάλι στο κενό, και επιτέλους σε αυτή τη χώρα να χρησιμοποιήσουμε τα γεωκλιματικά στρατηγικά μας πλεονεκτήματα.

8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

8.1 Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

1. Βύρλας, Π., Καλφούντζος, Δ. και Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., 2003. *Επίδραση του εδαφικού τύπου στην έμφραξη λόγω εισρόφησης σε υποεπιφανειακά συστήματα στάγδην άρδευσης*. 9^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης, σελ. 225-232.
2. Δ.Ε.Β., 2000. *Μέτρα για την πρόληψη των της μείωσης των υπογείων υδάτων*. Τμήμα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, Περιφέρεια Θεσσαλίας. Αδημοσίευτα στοιχεία.
3. Ελευθεροχωρινός, Η.Γ. 2002. *Ζιζανιολογία 2η έκδοση*. Εκδόσεις Αγρότυπος, Αθήνα, σελ.: 5, 19, 48, 51, 57, 61-62, 69-71, 73,85, 86, 90, 91, 92, 93, 95, 100, 154-155, 310-315.
4. Ελληνική Επιτροπή για την Καταπολέμηση της Ερημοποίησης, 2001. *Ελληνικό Εθνικό Σχέδιο Δράσης κατά της Ερημοποίησης*. Αθήνα, 2001.
5. ΙΣΤΑΜΕ – Α. Παπανδρέου, 2006. *Το Ενεργειακό Μέλλον της Ελλάδος - Κείμενο τεκμηρίωσης Νο 4*.
6. Κ.Α.Π.Ε., 2005. *Ενεργειακές καλλιέργειες στον Ευρωπαϊκό και Ελληνικό χώρο*. www.cres.gr.
7. ΚΑΠΕ, 1998. *Πολυετείς ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα*. Τομέας Βιομάζας.
8. ΚΑΠΕ – τομέας βιομάζας, 1997. *Μελέτη διερεύνησης δυνατοτήτων για την αξιοποίηση της βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΔΕΗ*.
9. ΚΑΠΕ, Πικέρμι, Ιούνιος 1996. *Οδηγός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Δυνατότητες αξιοποίησης στην Τοπική Αυτοδιοίκηση*.
10. Karlson, P., 1980. *Βιοχημεία Ιατρικής Σχολής*. Αθήνα.

11. Λεκάτος Σ., 2006. *ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ – Ευρωπαϊκή Νομοθεσία – Εθνική Νομοθεσία – Τεχνικές Προδιαγραφές*. Παρουσίαση στα πλαίσια της Ημερίδας με θέμα “Βιοκαύσιμα και Περιβάλλον” που πραγματοποιήθηκε στον αμφιθέατρο του ΤΕΕ Μαγνησίας υπό την αιγίδα του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων.
12. Λόλας, Π., 2003. *Ζιζανιολογία: Ζιζάνια, Ζιζανιοκτόνα*. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη, σελ.: 74, 75, 112, 120, 124, 133, 184-186.
13. Λόλας, Π., 1997. *Ζιζάνια στην Ελλάδα*. Γεωργική Τεχνολογία (ειδική ετήσια έκδοση), σελ.: 11.
14. Μήτσιος, Ι., 2001. *Γονιμότητα – Θρέψη φυτών*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.
15. Μήτσιος, Ι., Τούλιος, Μ., Χαρούλης, Α., Γάτσιος, Φ. και Φλωράς Σ., 2000. *Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός χάρτης του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου*. Εκδόσεις Zymel, Αθήνα 2000.
16. Μήτσιος, Ι., 1999. *Εδαφολογία*. Εκδόσεις Zymel. Αθήνα.
17. Νικολάου, Α., Νάματοβ, Ε., Καβαδάκης, Γ., Τσιώτας, Κ., Πανούτσου, Κ. και Δαναλάτος, Ν., 2000. *Αξιολόγηση της ανάπτυξης και παραγωγικότητας οκτώ γενοτύπων Σόργου για παραγωγή βιομάζας και ενέργειας*. Πρακτικά 2^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, σελ 197-204.
18. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., Παπαλέξης, Δ., Δαναλάτος, Ν., Βουλτσάνης, Π. και Νάκος, Ν., 2003. *Επίδραση επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης στην ανάπτυξη και παραγωγή της ενεργειακής καλλιέργειας του ινώδους Σόργου στην Κεντρική Ελλάδα*. Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (ΕΥΕ), 2-5 Απριλίου, Θεσσαλονίκη, σελ. 183-190.
19. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., Τζιμόπουλος, Χ., Καλφούντζος, Δ., 1997. *Μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο TDR και στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων*. Πρακτικά 1^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, Αθήνα, σελ. 271-280.

20. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Μ., Πανώρας, Α., Μαυρουδής, Ι., Μανούδης, Ν. και Πογιαρίδης, Θ., 1996. *Καμπύλες ίσων τιμών εξαμισοδιαπνοής αναφοράς και βροχόπτωσης στο Ν. Λάρισα*. Πρακτικά 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου με θέμα 'Έγγειοβελτιωτικά έργα – Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Εκμηχάνιση Γεωργίας', σελ 155-173.
21. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη Μ., 1996. *Συνολικές ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών του Θεσσαλικού κάμπου*. Υδροτεχνικά, 6, σελ. 62-77.
22. Τζιμόπουλος Χ., Τζιάρα Μ., Λατινόπουλος Π., 1985. *Δειγματοληψία και Στατιστική Επεξεργασία Αδιαταράκτων Δειγμάτων Πειραματικού Αγρού*. Πρακτικά του 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης, σελ. 441-453.
23. Τζιμόπουλος Δ. Χ., 2009. Θεωρία Γεωστατιστικής, Μεταπτυχιακές σημειώσεις του Μ.Τ. 'Υδατικοί Πόροι' του Τ.Α.Τ.Μ. – Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
24. Τζιμόπουλος Δ. Χ., 2010. Εσωτερικό άρθρο Εργαστηρίου Υδραυλικών Έργων και Περιβάλλοντος, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών Α.Π.Θ.

8.2 Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

1. Acock, B., J.H.M. Thomley and J. Warren Wilson. 1970. Spatial variation of light in the canopy. In Proc. IBP/PP Technical Meeting. Trebon, Czech. PUDOC. Wageningen.
2. Adamsen, F. J. 1989. Irrigation method and water quality effect on peanut yield and grade. *Agron J.* 81:589-593.
3. Adamsen, F. J. 1992. Irrigation method and water quality effects on corn yield in the mid-Atlantic coastal plain. *Agron J.* 84:837-843.
4. Adin, A. and M. Sacks. 1991. Dripper-clogging factors in wastewater irrigation. *J. Irrig. Drain. Div., ASCE* 117(6):813-826.

5. Alexopoulou, E., Chatziathanassiou, A., Panoutsou, C., Koutoukidis, A., Tsakiris, S., Drimaki, E., 2000. Yields and public perception of sweet sorghum growth in demonstrative fields of northern Greece. In: Proceedings of the 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Sevilla, Spain, 5–9 June, pp. 1638–1641.
6. Alexopoulou, E., Kipriotis, E., Zafiris, Ch., Christou, M., 1998. Adaptability and productivity of sweet sorghum in northern Greece. In: Proceedings of the 10th European Conference on Biomass for Energy and Industry, Wurzburg, Germany, 8–11 June, pp. 939–942.
7. Al-Nabulsi, Y. A., A. M. Hilalia, O. A. Al-Tahir, S. H. Mahmoud, A. A. Al-Jasim, and A. H. Al-Arfaj. 2000. Subsurface drip irrigation technology for safflower production and water conservation in Saudi Arabia. In: Proc. Fourth Nat'l. Irrigation Symp., Nov. 14-16, 2000 Phoenix, Arizona. ASAE, St. Joseph, Michigan. pp. 647-653.
8. Aloni, N. I., A. Eizencot, Y. Steinberg, U. Levy, Y. Yotal, and Z. Golan. 2000. Fertigation management and salinity monitoring of cotton cultivated in deep subsurface drip irrigation system. In: Proc. Irrig. Assoc. Australia, May 23-25, 2000, Melbourne, Australia. pp. 153-157.
9. Amaducci, M. T., Gucci, G., Caro De, A., Gherbin, P., Mambelli, S., Venturi, G., 1989. Sugar beet yield response to irrigation in different environmental conditions. *Irrigazione e drenaggio* Vol. 36.
10. Ayars, J. E., C. J. Phene, R. A. Schoneman, B. Meso, F. Dale, and J. Penland. 1995. Impact of bed location on the operation of subsurface drip irrigation systems. In: Proc. Fifth Int'l. Microirrigation Cong., F. R. Lamm (Ed.), Apr. 2-6, 1995, Orlando, Florida. ASAE, St. Joseph, Michigan. pp 141-146.
11. Ayars, J. E., C. J. Phene, R. B. Hutmacher, K. R. Davis, R. A. Schoneman, S. S. Vail, and R. M. Mead. 1999. Subsurface drip irrigation of row crops: A review of 15 years of research at the Water Management Research Laboratory. *Agric. Water Manage.* 42:1-27.
12. Ayars, J. E., R. A. Schoneman, F. Dale, B. Meso, and P. Shouse. 2001. Managing subsurface drip irrigation in the presence of shallow ground water. *Agric. Water Manage.* 47(3):243-264.

13. Bar-Yosef, B. 1999. Advances in fertigation. *Adv. Agron.* 65:1-77.
14. Bar-Yosef, B., B. Sagiv, and T. Markovitch. 1989. Sweet corn response to surface and subsurface trickle phosphorus fertigation. *Agron. J.* 81:443-447.
15. Battam, M., S. Robinson, and B. Sutton. 2002. Water surfacing from subsurface drip emitters. In: *Proc. Irrig. Assoc. Australia*, May 21-23, 2002, Sydney, Australia. pp. 277-281.
16. Blass, S. 1964. Sub-surface irrigation. *Nassade* 45:1.
17. Bogle, C. R., T. K. Hartz, and C. Nunez. 1989. Comparison of subsurface trickle and furrow irrigation on plastic-mulched and bare soil for tomato production. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 114(1):40-43.
18. Bordovsky, J. P. and D. Porter. 2003. Cotton response to pre-plant irrigation level and irrigation capacity using spray, LEPA and subsurface drip irrigation. Presented at the Annual Int'l. Mtg. of the ASAE, Jul. 27-30, 2003, Las Vegas, Nevada. ASAE Paper No. 032008. 11 pp.
19. Boukis, I., Christou, M., Sooter, Ch., Zafiris, Ch., Vassilatos, V., 1995. Non Technical Barriers to the Development of Liquid Biofuels in Greece. NTB Net, Paris.
20. Bralts, V. F., D. M. Edwards, and I. P. Wu. 1987. Drip irrigation design and evaluation based on the statistical uniformity concept. *Adv. Irrig.* 4:67-117.
21. Bresler, E. 1978. Analysis of trickle irrigation with application to design problems. *Irrig. Sci.* 1:13-17.
22. Bryan, W., Monroe, G., Nichols, R., Gascho, G., 1981. Evaluation of sweet sorghum for fuel alcohol. In: *Proceedings of Winter Meeting of ASAE*, paper No. 81-3571.
23. Bryla, D. R., G. S. Banuelos, and J. P. Mitchell. 2003. Water requirements of subsurface drip-irrigated faba bean in California. *Irrig. Sci.* 22:31-37.

24. Bryson, H. R. 1929. A method of rearing wireworms. *J. Kansas Entomol. Soc.* 2(1):15-29. Available at <http://www.herper.com/insects/wireworms.html>. (Verified 3 23-2004). 6 pp.
25. Bucks, D. A., L. J. Erie, O. F. French, F. S. Nakayama, and W. D. Pew. 1981. Subsurface trickle irrigation management with multiple cropping. *Trans. ASAE* 24(6):1482-1489.
26. Burt, C. M. and S. W. Styles. 1999. *Drip and Micro Irrigation for Trees, Vines, and Row Crops- Design and Management (with Special Sections on SDI)*. ITRC, Cal Poly, San Luis Obispo, California. 292 pp.
27. Caldwell, D. S., W. E. Spurgeon, and H. L. Manges. 1994. Frequency of irrigation for subsurface drip-irrigated corn. *Trans. ASAE* 37(4):1099-1103.
28. Camp, C. R. and F. R. Lamm. 2003. *Irrigation Systems, Subsurface Drip*. Encyclopedia Water Science. Marcel Dekker, New York, New York. pp. 560-564.
29. Camp, C. R. 1998. Subsurface drip irrigation: A review. *Trans. ASAE* 41(5):1353-1367.
30. Camp, C. R., J. T. Garrett, E. J. Sadler, and W. J. Busscher. 1993. Microirrigation management for double cropped vegetables in a humid area. *Trans. ASAE* 36(6):1639-1644.
31. Camp, C. R., E. J. Sadler, and W. J. Busscher. 1989. Subsurface and alternate middle micro irrigation for the Southeast Coastal Plain. *Trans. ASAE* 32(2):451-456.
32. Campbell, G.S. and J.M. Norman, 1989. The description and measurement of plant canopy structure. In *Plant Canopies: Their Growth, Form and Function*. Eds. G. Russell, B. Marshall and P.G. Jarvis. Cambridge Univ. Press, pp 1-19.
33. Chase, R. G. 1985. Subsurface trickle irrigation in a continuous cropping system. In: *Proc. Third Int'l. Drip/Trickle Cong.*, Nov. 18-21, 1985, Fresno, California. ASAE, St. Joseph, Michigan. pp. 909-914.

34. Chatziathanassiou, A., Christou, M., Alexopoulou, E., Zafiris, C., 1998. Biomass and sugar yields of sweet sorghum in Greece. In: Chartier, et al. (Eds.), Proceedings of the 10th European Conference. C.A.R.M.E.N. Press, Germany, pp. 209–212.
35. Clark, G. A., C. D. Stanley, and D. N. Maynard. 1993. Surface vs. Subsurface drip irrigation of tomatoes on a sandy soil. In: Proc. Florida State Hort. Soc. 106:210-212.
36. Clark, G. A. and C. D. Stanley. 1992. Subirrigation by microirrigation. Appl. Engr. Agric. 8(5):647-652.
37. Coelho, R. D. and L. F. Faria. 2003. Comparing drippers for root intrusion in subsurface drip irrigation applied to citrus and coffee crops. Presented at the Annual Int'l. Mtg. of the ASAE, Las Vegas, Nevada, Jul. 27-30, 2003. ASAE Paper No. 032095, St. Joseph, Michigan. 33 pp.
38. Coelho, F. E. and Or, D., 1996. A parametric model for two-dimensional water uptake intensity by corn roots under drip irrigation. Soil Sci. Soc. Am. J. 60:1039-1049.
39. Colaizzi, P. D., A. D. Schneider, S. R. Evett, and T. A. Howell. 2004. Comparison of SDI, LEPA, and spray irrigation performance for grain sorghum. Trans. ASAE 47(5):1477-1492.
40. Cote, C. M., K. L. Bristow, P. B. Charlesworth, F. J. Cook, and P. J. Thorburn. 2003. Analysis of soil wetting and solute transport in subsurface trickle irrigation. Irrig. Sci. 22:143-156.
41. Cressie N., Hawkins D., 1980, Robust Estimation of the Variogram, Mathematical Geology, Vol12, No2.
42. Curt, M.D., Fernandez, J., Gonzalez, J., Gil, J.L., 2000. Comparative growth analysis of two sorghum cultivars in Badajoz, Spain. In: Proceedings of the 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Sevilla, Spain, 5–9 June, pp. 1877– 1880.

43. Curt, D., 1998. Environmental studies on sweet and fiber sorghum sustainable crops for biomass production and energy. Project FAIR CT3-CT96 1913. Spanish contribution. In: BioBase.
44. Curt, M. D., Fernandez, J. and Martinez, M., 1995. Productivity and water use efficiency of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cv. Keller in relation to water regime, *Biomass and Bioenergy* 8(6), 401-409.
45. Dalianis, C., 1996. Adaptation, productivity and agronomic aspects of sweet sorghum under EU conditions. In: Proceedings of the 1st European Seminar on Sorghum for Energy and Industry, held in France, 1–3 April, pp. 15–25.
46. Dalianis, C., Sooter, C., Christou, M., 1995. Sweet sorghum (*sorghum bicolour* (L.) Moench) biomass productivity sugar yields and ethanol potential in Greece. In: Chartier, et al. (Eds.), Proceedings of 8th E.U. Biomass Conference on Biomass for Energy, Environment, Agriculture and Industry. Pergamon Press, Oxford, UK, pp. 622–628.
47. Dalianis, C., Christou, M., Sooter, S., Kyritsis, S., Zafiris, Ch., Samiotakis, G., 1994. Growth and productivity of sweet sorghum in Greece. In: Hall, et al. (Eds.), Proceedings of the 7th E.U. Biomass Conference on Biomass for Energy and Industry. Ponte Press, Bochum, Germany, pp. 636–642.
48. Davis, S. and D. A. Bucks. 1983. Drip irrigation. In *Irrigation (formerly Sprinkler Irrigation)*, Fifth Edition, C. H. Pair, W.W.Hinz, R. E. Sneed, K. R. Frost, and T. J. Schiltz, (Eds.), Irrigation Assoc., Silver Spring, Maryland, pp. 528-546.
49. Davis, S. 1974. History of drip irrigation. *Agribusiness News* 10(7):1.
50. Davis, S. and W. J. Pugh. 1974. Drip irrigation: Surface and subsurface compared with sprinkler and furrow. In: Proc. 2nd Int’l Drip Irrigation Cong., Jul. 7-14, 1974, San Diego, California. pp 109-114.
51. Delhomme J.P., 1979, Spatial Variability and Uncertainty Groundwater Flow Parameters: A Geostatistical Approach, *Water Resour. Res.*, 15(2), pp. 269-280.

52. Delhomme J.P., 1978, Kriging in the Hydrosiences, *Advan. Water Resour. Res.*, 1(5), pp. 251-266.
53. Delhomme J.P., 1976, *Applications de la Theorie des Variables Regionalisées dans les Sciences de l'eau. These de Docteur-Ingenieur, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris.*
54. Dercas, N., Liakatas A., 1999. Sorghum water loss relation to irrigation treatment. *Water Resources Management*. 13: p. 39-57.
55. Dercas, N., Panoutsou, C., Dalianis, C., Sooter, C., 1995. Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench). In: Chartier, et al. (Eds.), *Proceedings of the 8th E.C Conference on Response to four irrigation and two nitrogen fertilisation rates. Biomass for Energy, Environment, Agriculture*, vol. 1. Pergamon Press, UK, pp. 629–639.
56. DeTar, W. R., G. T. Browne, C. J. Phene, and B. L. Sanden. 1996. Real-time irrigation scheduling of potatoes with sprinkler and subsurface drip systems. In: *Proc. Int'l Conf. on Evapotranspiration and Irrigation Scheduling*, Nov. 3-6, 1996, San Antonio, Texas. ASAE. pp. 812-824.
57. Devitt, D. and Miller, W., 1988. Subsurface Drip Irrigation of Bermudagrass with Saline Water. *Applied Agricultural Res.* Vol. 3, No 3, pp. 133-143.
58. Dinneen, R., 1991. Congress acts to increase the production of ethanol. *Biologue* 8(1): 11-14.
59. DIRECTIVE 2003/30/EC of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport.
60. Dirksen, C. 1978. Transient and steady flow from subsurface line sources at constant hydraulic head in anisotropic soil. *Trans. ASAE* 21(5):913-919.
61. Dolcioti, I., Mambelli, S., Grandi, S., and Venturi, G., 1996. Comparison of two Sorghum genotypes for sugar and fiber production. *Industrial Crops and Products*, 7: 265-272.

62. Doorenbos, J. and W.O.Pruitt, 1977. Crop water requirements. FAO,Irrig. and Drain, paper 24 (revised), 156 p.
63. Edstrom, J. and L. Schwankl. 1998a. Micro-irrigation system comparison for almonds. In: Proc. 19th Int’l Irrig. Assoc. Tech. Conf., Nov. 1-3, 1998, San Diego, California. Irrig. Assoc. pp. 63-66.
64. Edstrom, J. and L. Schwankl. 1998b. Weed suppression in almond orchards using subsurface drip irrigation. Abstr. 51st Mtg. of Western Society of Weed Science, Mar. 9, 1998, Kona, Hawaii. pp. 35-36.
65. El-Gindy, A. M. and A. M. El-Araby. 1996. Vegetable crop response to surface and subsurface drip under calcareous soil. In: Proc. Int’l Conf. on Evapotranspiration and Irrigation Scheduling, Nov. 3-6, 1996, San Antonio, Texas. ASAE, St. Joseph, Michigan. pp. 1021-1028.
66. Enciso-Medina, J., B. L. Unruh, P. D. Colaizzi, and W. L. Multer. 2003. Cotton response to subsurface drip irrigation frequency under deficit irrigation. Appl. Engr. Agric. 19(5):555-558.
67. European Commission Biomass, 2000. An Energy Resource for the European Union. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
68. FAO, 1998. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Papers 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
69. FAO, 1977. Guidelines for predicting crop water requirements, by J. Doorenbos & W.O. Pruitt. Irrigation and Drainage Paper 24. Rome.
70. Fitter, A.H. and Hay, R.K.M., 1987. Environmental Physiology of Plants. Academic Press, London.
71. Foti, S., Cosentino, S., Patane, C., Mantineo, M., 2004. Sweet sorghum in Mediterranean environment. In: Proceedings of the 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, Rome, Italy, 10–14 May, pp. 391–394.

72. Gelbrud, D. E. 1985. Managing salinity, lessons from the past. *J. Soil and Water Cons.* 40(4):329-331.
73. Ghali, G. S. and Z. J. Svehlik. 1988. Soil-water dynamics and optimum operating regime in trickle-irrigated fields. *Agric. Water Manage.* 13:127-143.
74. Gilley, J. R. and E. R. Allred. 1974. Infiltration and root extraction from subsurface irrigation laterals. *Trans. ASAE* 17(5):927-933.
75. Grabtree, G. W. and N. S. Lewis, 2007. Solar energy conversion, *Physics Today*, 60(3), 37-42, (<http://link.aip.org/link/PHTOAD/v60/i3/p37/s1/pdf>).
76. Grattan, S. R., L. J. Schwankl, and W. T. Lanini. 1990. Distribution of annual weeds in relation to irrigation method. In: *Proc. Third Nat'l. Irrigation Symp.*, Oct. 28-Nov. 1, 1990, Phoenix, Arizona. ASAE. pp. 148-153.
77. Grattan, S. R., L. J. Schwankl, and W. T. Lanini. 1988. Weed control with subsurface drip irrigation. *Calif. Agric.* 42(3):22-24.
78. Gushiken, E., 1993. Effluent Disposal Through Subsurface Drip Irrigation Systems. Hawaii Water Pollution Control Ass. Proceedings of the 15th Annual Conf. Honolulu, Hawaii.
79. Hall, B. J. 1985. History of drip/trickle irrigation. In: *Proc. Third Int'l. Drip/Trickle Cong.*, Nov. 18-21, 1985, Fresno, California. ASAE, St. Joseph, Michigan. pp.1-7.
80. Hanson, B. and D. May. 2003. Effect of subsurface drip irrigation on processing tomatoes yield, water table depth and soil salinity. Presented at the Annual Int'l. Mtg. of the ASAE, Jul. 27-30, 2003, Las Vegas, Nevada. ASAE Paper No. 032091. 12 pp.
81. Hanson, B.R., D. M. May, and L. J. Schwankl. 2003b. Effect of irrigation frequency on subsurface drip irrigated vegetables. *HortTechnology* 13(1):115-120.

82. Hanson, B., L. Schwankl, S. R. Grattan, and T. Prichard. 1997. Drip irrigation for row crops. Coop. Ext., Dept. Land, Air, and Water Res., Univ. of Calif., Davis, California. 238 pp.
83. Hanson, B. R. and W. E. Bendixen. 1993. Salinity under drip irrigation of row crops. In: Proc. 14th Int'l. Irrig. Assoc. Tech. Conf., Oct. 31-Nov. 3, 1993, San Diego, California. Irrig. Assoc., Falls Church, Virginia. pp. 196-202.
84. Hay, K.M.R., and A.J. Walker. 1989. An introduction to the physiology of crop yield. Longman Scientific & Technical, Essex, UK.
85. Henggeller, J.C. 1995. A history of drip irrigated cotton in Texas. In: Proc. Fifth Int'l. Microirrigation Cong., F. R. Lamm (Ed.), Apr. 2-6, 1995, Orlando Florida. ASAE, St. Joseph, Michigan. pp. 669-674.
86. Hills, D. J. and M. J. Brenes. 2001. Microirrigation of wastewater effluent using drip tape. Appl. Engr. Agric. 17(3):303-308.
87. House, E. B. 1918. Irrigation by Means of Underground Porous Pipe. Colorado Agric. Expt. Sta. Bull. 240, Fort Collins, Colorado. 42 pp.
88. Howell, T. A. 2001. Unpublished data. USDA-ARS, Bushland, Texas.
89. Howell, T. A., A. D. Schneider, and S. R. Evett. 1997. Subsurface and surface microirrigation of corn, Southern High Plains. Trans. ASAE 40(3):635-641.
90. Howell, T. A., D. S. Stevenson, F. K. Aljibury, H. M. Gitlin, I-Pai Wu, A. W. Warrick, and P. A. C. Raats. 1983. Design and operation of trickle (drip) systems. Chapter 16 in Design and Operation of Farm Irrigation Systems. ASAE Monograph No. 3, M. E. Jensen, (Ed.) ASAE, St. Joseph, Michigan. pp. 663-717.
91. Hutmacher, R. B., C. J. Phene, R. M. Mead, D. Clark, P. Shouse, S. S. Vail, R. Swain, M. van Genuchten, T. Donovan, and J. Jobes. 1992. Subsurface drip irrigation of alfalfa in the Imperial Valley. Proc. 22nd California/Arizona Alfalfa Symposium 22:20-32, University of California and University of Arizona Cooperative Extension, Holtville, CA, December, 9-10.

92. I-Pai Wu, 1994. Low Energy Subsurface Drip Irrigation (system for Pasture). Department of Animal Sc. Prepared by: Biosystems Engineering Dept. University of Hawaii.
93. Jnad, I., B. J. Lesikar, G. Sabbagh, D. L. Reddell, and R. P. Wiedenfeld. 1999. Characterizing soil hydraulic properties in a subsurface drip drain field. Presented at the Int'l Annual Mtg. of the ASAE. ASAE Paper No. 99-2253. ASAE, St. Joseph, Michigan. 15 pp.
94. Jones, C., 1992. Completing the rationals and metric spaces in LEGO. In Huet, G. and Plotkin, G., editors, Proceedings of the Second Annual Workshop on Logical Frameworks.
95. Journel A.G., Huijbregts C.J., 1978, Mining Geostatistics, Academic Press, pp.600.
96. Kavadakis, G., Nikolaou, A., Alexopoulou, E., Natioti, H., Mitsiou, C., Panoutsou, C., Danalatos, N., 2000. Growth, productivity and sugar yields of sweet sorghum (var Keller) in central Greece. In: Proceedings of the 2nd National Conference of Agricultural Engineers (HelAgEng). Volos, Greece, (in Greek), pp. 205–212.
97. Keller, J. and R. D. Bliesner. 2000. Sprinkle and Trickle Irrigation. Blackburn Press, Caldwell, New Jersey. 652 pp.
98. Khalilian, A., M. J. Sullivan, and W. B. Smith. 2000. Lateral depth placement and deep tillage effects in a subsurface drip irrigation system for cotton. In: Proc. Fourth Nat'l. Irrigation Symp., Nov 14-16, 2000, Phoenix, Arizona. ASAE. pp. 641-646.
99. Květ, J. and J. K. Marshall. 1971. Assessment of leaf area and other assimilating plant surfaces. In Šesták, Z., J. Čatský, and P. G. Jarvis, editors. Plant photosynthetic production: manual of methods 517–555. Dr. W. Junk. The Hague. 818.
100. Lamm, F. R. and R. M. Aiken. 2005a. Effect of irrigation frequency for limited subsurface drip irrigation of corn. In: Proc. Irrig. Assoc. Int'l. Tech.

- Conf., Nov. 6-8, 2005, Phoenix, AZ. Irrigation Assoc., Falls Church, Virginia. IA Paper No. IA05 1264. 10 pp.
101. Lamm, F. R. and T. P. Trooien. 2005b. Dripline depth effects on corn production when crop establishment is nonlimiting. *Appl. Engr. Agric.* 21(5):835-840.
 102. Lamm, F. R., A. J. Schlegel, and G. A. Clark. 2004. Development of a best management practice for nitrogen fertigation of corn using SDI. *Appl. Engr Agric.* 20(2):211-220.
 103. Lamm, F. R., D. M. O'Brien, D. H. Rogers, and T. J. Dumler. 2002a. Sensitivity of center pivot sprinkler and SDI comparisons. In: *Proc. Irrig. Assoc. Int'l. Irrig. Tech. Conf.*, Oct. 24-26, 2002, New Orleans, Louisiana. Irrigation Assoc., Falls Church, Virginia. 8 pp.
 104. Lamm, F. R., T. P. Trooien, G. A. Clark, L. R. Stone, M. Alam, D. H. Rogers, and A. J. Schlegel. 2002b. Using beef lagoon wastewater with SDI. In: *Proc. Irrig. Assoc. Int'l. Technical Conf.*, Oct. 24-26, 2002, New Orleans, Louisiana. Irrigation Assoc., Falls Church, Virginia. 8 pp.
 105. Lamm, F. R., T. P. Trooien, H. L. Manges, and H. D. Sunderman. 2001. Nitrogen fertilization for subsurface drip-irrigated corn. *Trans. ASAE* 44(3):533-542.
 106. Lamm, F. R. and T. P. Trooien, 1999. SDI research in Kansas after ten years. In *Proc. Irrigation Assoc. International Irrigation Show and Conf.*, pp. 1-8., Fairfax, Va.:Irrigation Assoc.
 107. Lamm, F. R., G. A. Clark, M. Yitayew, R. A. Schoneman, R. M. Mead, and A. D. Schneider. 1997. Installation issues for SDI systems. Presented at the 1997 Int'l. Mtg. of the ASAE, Aug. 10-14, 1997, Minneapolis, Minnesota. ASAE Paper No. 972074, St. Joseph, Michigan. 6 pp.
 108. Lamm, F. R., H. L. Manges, L. R. Stone, A. H. Khan, and D. H. Rogers. 1995. Water requirement of subsurface drip-irrigated corn in northwest Kansas. *Trans. ASAE* 38(2):441-448.

109. Lang, Xiang Yueqin A.R.G. and Norman J.M., 1985. Crop structure and the penetration of direct sunlight. *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume 35, Issues 1-4, October 1985, Pages 83-101.
110. Larson, K., 2003. Subsurface drip irrigation boosts efficiency and crop yields. In: www.agrotypos.gr.
111. Larson, K., and Thompson D., 2003. Limited and full subsurface drip irrigation on corn and grain sorghum at Walsh. In: Kevin.Larson@colostate.edu. Colorado State University, Department of Agriculture.
112. Lazarovitch, N., J. Simunek, and U. Shani. 2005. System dependent boundary condition for water flow from subsurface source. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69:46-50.
113. Lipinski, E.S., 1978. Sugar crops as a source of fuels, vol. II. Processing and Conversion, Research Dept. of Energy. Final Report. Battelle Columbus Labs, OH.
114. Lomen, D. O. and A. W. Warrick. 1978. Linearized moisture flow with loss at the soil surface. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42:396-400.
115. Mamma, D., Koulias, D., Fountoukidis, G., Kekos, D., Macris, B.J., Koukios, E., 1996. Bioethanol from sweet sorghum: simultaneous saccharification and fermentation of carbohydrates by a mixed microbial culture. *Process Biochemistry*, 31 (4). Elsevier Science Ltd., UK, pp. 377–381.
116. Martinez-Hernandez, J. J., B. Bar-Yosef, and U. Kafkafi. 1991. Effect of surface and subsurface drip fertigation on sweet corn rooting, uptake, dry matter production and yield. *Irrig. Sci.* 12:153-159.
117. Mass, E. V. 1990. Crop salt tolerance. In: *Agricultural Salinity and Assessment Management*. K. K. Tanji (Ed.), ASCE Manuals and Reports on Engr. No. 71. ASCE, New York, New York, pp 262-304.

118. Mastrorilli, M., Katerji, N., Rana, G., Steduto, P., 1995. Sweet sorghum in Mediterranean climate: radiation use and biomass water use efficiencies. *Industrial Crops and Products* 3, 253-260.
119. Matheron G., 1962, *Traité de Geostatistique Appliquée*, Vol. 1, pp.334, Technip, Paris.
120. Maxey, H.T., Covey, B., McKinnon and Allen A., 1989. West central district crop budgets. Virginia Cooperative Extension Service Periodic Extension Memorandum. Va Poly. Tec. Inst. & State Univ., Blacksburg.
121. McCormick M., Freifeld S. and Kiesling L., 2003. A federal ethanol mandate: is it worth it? If not, why is it so popular? Reason Public Policy Institute.
122. Miller, M. L, P. B. Charlesworth, A. Katupitiya, and W. A. Muirhead. 2000. A comparison of new and conventional subsurface drip irrigation systems using pulsed and continuous irrigation management. In: Proc. Nat'l. Conf. Irrig. Assoc. Australia, May 23-25, 2000, Melbourne, Australia. pp. 391-397.
123. Mitchell, W. H. and H. D. Tilmon. 1982. Underground trickle irrigation – The best system for small farms? *Crops and Soils* 34(5):9-13.
124. Monsi, M., and T. Sæki, 1953, Über den lichtfactor in der pflanzengesellschaften und seine bedeutung für die stoffproduktion, *Jpn. J. Bot.*, 14, 22-52.
125. Monteith, J.L., 1993. The exchange of water and carbon by crops in a Mediterranean climate. *Irrigation Sci.* 14, 85–91.
126. Niilisk, H, T. Nilson, and J. Ross. 1970. Radiation in plant canopies and its measurement. Pages 165-177 in Prediction and measurement of photosynthetic productivity. Proc. IBP/PP Tech. Meeting, Trebon, Sept. 1969.
127. NOVEM, (Netherlands Agency for Energy and the environment)., 1992. The feasibility of biomass production for the Netherlands energy economy. Proj.No. 71.140/0130.
128. Nye, P.H., 1981. *Plant and Soil*, 61,7.

129. O'Brien, D. M., D. H. Rogers, F. R. Lamm, and G. A. Clark. 1998. An economic comparison of subsurface drip and center pivot sprinkler irrigation systems. *Appl. Engr. Agric.* 14(4):391-398.
130. Or, D. 1996. Drip irrigation in heterogeneous soils: Steady-state field experiments for stochastic model evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60:1339-1349.
131. Or, D. and F. E. Coelho. 1996b. Soil water dynamics under drip irrigation: Transient flow and uptake models. *Trans. ASAE* 39(6):2017-2025.
132. Oron, G., Y. DeMalach, L. Gillerman, I. David, and S. Lurie. 2002. Effect of water salinity and irrigation technology on yield and quality of pears. *Biosystems Engr.* 81(2):237-247.
133. Oron, G., R. Armon, R. Mandelbaum, Y. Manor, C. Campos, L. Gillerman, M. Salgot, C. Gerba, I. Klein, and C. Enriquez. 2001. Secondary wastewater disposal for crop irrigation with minimal risks. *Water Sci. Tech.* 43(10):139-146.
134. Oron, G., Y. DeMalach, L. Gillerman, I. David, and V. P. Rao. 1999a. Improved salinewater use under subsurface drip irrigation. *Agric. Water Manage.* 39:19-33.
135. Oron, G., C. Campos, L. Gillerman, and M. Salgot. 1999b. Wastewater treatment, renovation, and reuse for agricultural irrigation in small communities. *Agric. Water Manage.* 38:223-234.
136. Oron, G., DeMalach, Y., Hoffman, Z. Karen, H. Hartman, HY., and Planzer, H., 1990. Waste water disposal by subsurface trickle irrigation. *Water Science Technology*, 23:2149-2158.
137. Panoutsou, C., Kavadakis, G., Namatov, I., Ntrioti, H., Nikolaou, A., Thiveou, H., Tsiotas, K., and Danalatos, N., 2000. Environmental studies on sweet and fiber Sorghum sustainable crops for biomass and energy, FAIR-3-CT96-1913,3rd annual report, CRES Biomass Dept.

138. Panoutsou, C., 1999. Fiber Sorghum, a promising annual crop for biomass production in Greece. European Energy Crops (BioBase). Document I.D. B10466.
139. Pari, D., Ragno, I., 1998. Biomass crop energy balance. In: Proceedings of the 10th European Conference on Biomass for Energy and Industry, C.A.R.M.E.N., Wurzburg, Germany, 8–11 June, pp. 819–823.
140. Penman, H.L., 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Roy. Soc. London Proc., A 193:120-146.
141. Pfeiffer, D. A., 2004 Eating Fossil Fuels, From The Wilderness Publications, (http://www.fromthewilderness.com/free/ww3/100303_eating_oil.html).
142. Phene, C. J., R. B. Hutmacher, J. E. Ayars, and J. Ben-Asher. 1993. Subsurface drip irrigation, A BMP for controlling drainage outflow and reducing groundwater contamination. In: Industrial and Agricultural Impacts on the Hydrologic Environment, Proc. Second USA/CIS Conference on Environmental Hydrology and Hydrogeology, Y. Eckstein and A. Zaporazec (Eds.). Water Environment Federation, Alexandria, Virginia. pp. 51-69.
143. Phene, C. J., R. Yue, I-Pai Wu, J. E. Ayars, R. A. Schoneman, B. Meso. 1992. Distribution uniformity of subsurface drip irrigation systems. ASAE Paper No. 92-2569, 14 pp. St. Joseph, Mich.:ASAE.
144. Phene, C.J., Hutmacher, R.B., Ayars, J.E., Davis, K.R., Mead, R.M., and Schoneman, R.A., 1992. Maximizing water use efficiency with subsurface drip irrigation. International summer meeting of the American Society of Agricultural Engineers, Paper No. 922090. St. Joseph Michigan.
145. Phene, C. J., K. R. Davis, R. B. Hutmacher, B. Bar-Yosef, D. W. Meek, and J. Misaki. 1991. Effect of high frequency surface and subsurface drip irrigation on root distribution of sweet corn. Irrig. Sci. 12:135-140.
146. Phene, C.J., R. B. Hutmacher, K. R. Davis, and R. L. McCormick. 1990. Water fertilizer management of processing tomatoes. Acta Hort. 277:137-143.

147. Phene, C. J. et al., 1986. Fertilization of high yielding subsurface trickle irrigated tomatoes. Proceedings of the 34th Fertilizer Conf. California Fertilizer Ass. Fresno California. pp. 33-43.
148. Phene, C. J., Blume, M. F., Hile M. M. S., Meek D. W. and Re, J. V., 1983. Management of subsurface trickle irrigation systems. ASAEpaper No. 83-2598.
149. Phene, C. J., and D. C. Sanders. 1976. High-frequency trickle irrigation and row spacing effects on yield and quality of potatoes. Agron. J. 68(4):602-607.
150. Philip, J. R. 1991a. Upper bounds on evaporation losses from buried sources. Soil Sci. Soc. Am. J. 55:1518-1520.
151. Philip, J. R. 1991b. Effects of root and subirrigation depth on evaporation and percolation losses. Soil Sci. Soc. Am. J. 55:1520-1523.
152. Philip, J. R., 1968. Steady infiltration from buried point sources and spherical cavities. Water Resources Research 4(5):1039-1047.
153. Pier, J. W. and T. A. Doerge. 1995. Concurrent evaluation of agronomic, economic, and environmental aspects of trickle-irrigated watermelon production. J. Environ. Qual. 24:79-86.
154. Postel, S. 1999. Pillar of Sand. New York, New York, W.W. Norton. 313 pp.
155. Raats, P. A. C. 1977. Laterally confined, steady flows of water from sources and to sinks in unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 41:294-304.
156. Rawlins, S. L. 1973. Principles of managing high frequency irrigation. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37:626-629.
157. Ritchie. J.T., 1974. Evaluating irrigation needs for Southeastern U.S.A., Proc., Am. Soc. Civ. Engr./ Irrig. and Drain. Div., Spec. Conf. Biloxi, M.S.
158. Roman, G., Hall, D., Gosse, G., Roman, A., Ion, V. and Alexe, G., 1998a. Researches on Sweet – Sorghum Productivity in the South Romanian Plain.

- Federation for Inf. Tec. in Agriculture. Agricultural Technology in Asia and Oceania, 1998.
159. Roman, G.V., Mitroi, A., Roman Ana, M., Ion, V., Dumbrava, M., 1998b. Sweet sorghum an energetical crop of the future in Romania. In: Proceedings of the 10th European Conference on Biomass for Energy and Industry, C.A.R.M.E.N., Wurzburg, Germany, 8- 11 June, pp. 1039–1041.
160. Rubeiz, I. G. and M. M. Freiwat. 1995. Rowcover and black plastic mulch effects on tomato production. *Biol. Agric. and Hort.* 12:113-118.
161. Russell, G., Jarvis, P.G., Monteith, J.L., 1989. Absorption of radiation by canopies and stand growth. In: G. Russell, B. Marshall, P.G. Jarvis eds. *Plant canopies: Their growth, form and function*. Cambridge University Press, Cambridge.
162. Sakellariou - Makrantonaki, M., D. Papalexis, N. Nakos, I.K. Kalavrouziotis, 2007. Effect of modern irrigation methods on growth and energy production of sweet sorghum (var. Keller) on a dry year in Central Greece. *Agricultural Water Management*, vol. 90, no3, pp. 181-189.
163. Sakellariou-Makrantonaki, M., Papalexis, D., Nakos, N., Dassios, S., Chatzinikos, A., Papanikos, N., Danalatos, N., 2006. Potential and water-limited growth and productivity of fiber sorghum in central Greece irrigated by surface and subsurface drip methods on a rainy and a dry year. In: Proceedings of the 6th International Conference of IASME/ WSEAS International Conference on Energy and Environmental Systems, Chalkida, Greece, May 8–10, pp. 49–54.
164. Sakellariou-Makrantonaki, M., Papalexis, D., Danalatos, N., 2005. The effect of irrigation methods on growth and yield of fiber sorghum in central Greece. In: Proceedings of the 6th International Conference of European Water Resources Association (EWRA) Sector: Decision Support Systems, Menton, France, No. 021.
165. Sakellariou-Makrantonaki, M., Papalexis, D., Danalatos, N., Vultsanis, P., Nakos, N., 2003. The effect of surface and subsurface drip irrigation methods on growth and yield of fiber sorghum in Central Greece. In: Proceedings of 9th National Cong. Hellas, Salonika, 2–5 April, (in Greek), pp. 183–190.

166. Sakellariou-Makrantonaki, M., Tentas, I., Koliou, A., Kalfountzos, D., Vyrlas, P., 2003. Irrigation of ornamental shrubs with treated municipal wastewater. Proceedings of 8th International Conference on Environmental Sci. and Tech. (CEST), September 8-11, Lemnos, Greece, Vol. B, pp. 707-714.
167. Sakellariou-Makrantonaki, M., Kalfountzos, D., Vyrlas, P., 2001. Irrigation water saving and yield increase with subsurface drip irrigation. In: Proceedings of the 7th International Conference on Environmental Science and Technology Ermoupolis, Syros Island, Greece, pp. 466–473.
168. Sakellariou-Makrantonaki, M., Kalfountzos, D. and Papanikos N., 2000. Evaluation of surface and subsurface Drip Irrigation Effect on Sugar-Beet Yield. Proc. 2th National Congress. Hell. Soc. Agric. Eng. (HelAgEng), Volos. pp. 157-164 (in Greek).
169. Schwankl, L. J., T. L. Prichard., B. R. Hanson, and I. Wellman. 2000. Costs of pressurized irrigation systems for tree crops. Univ. of California, Div. of Agric. and Natural Resources. Pub. 21585. 22 pp.
170. Schwankl, L., B. Hanson, and T. Prichard. 1993. Low-Volume Irrigation. Coop. Ext., Dept. Land, Air, and Water Res., Univ. of Calif., Davis, California. 116 pp.
171. Shani, U., S. Xue, R. Gordin-Katz, and A. W. Warrick. 1996. Soil-limiting flow from subsurface emitters. I. Pressure measurements. ASCE J. Irrig. Drain. Engr. 122:291 - 295.
172. Shock, C. C., E. B. Feibert, and M. Saunders. 1998. SDI irrigation scheduling for profit and environmental protection. In: Proc. Irrig. Assoc. Int'l. Tech. Conf., Nov. 1-3, 1998, San Diego, California. pp. 33-39.
173. Slabbers, P. J. 1980. Practical prediction of actual evapotranspiration. Irrig. Sci. 1:185-196.
174. Smajstrla, A. G., S. J. Locascio, D. P. Weingartner, and D. R. Hensel. 2000. Subsurface drip irrigation for water table control and potato production. Appl. Engr. Agric. 16(3):225-229.

175. Smajstrla, A. G., C. D. Stanley, and G. A. Clark. 1996. Estimating runoff and effective rainfall for high water table soils in southwest Florida. *Soil and Crop Sci. Soc. Florida Proc.* 56:94-98.
176. Smith Ron, 2002. Drip irrigation helps conserve water. Southwest Farm Press, Oct 17, 2002.
177. Smith, G.A., Babgy, M.O., Lewellan, R.T., Doney, D.L., Moore, P.H., Hills, F.J., Campell, L.G., Hogaboam, G.J., Ceo, G.E., Freeman, K., 1987. Evaluation of sweet sorghum for fermentable sugar production potential. *Crop Sci.* 27, 788–793.
178. Soldatos, P., Chatzidaki, M., 1999. Economic evaluation of biofuel production in Greece. The case of ethanol. In: Proceedings of “AgEnergy 99, vol. 2. pp. 973–980.
179. Solomon, K., 1993. Subsurface drip irrigation: Product selection and performance. In: subsurface Drip Irrigation Theory, Practices and Application, Jorgansen, G. S. and K.N. Norum (Eds.). CATI Publication, No 921001.
180. Srinivas, K. 1996. Plant water relations, yield, and water use of papaya (*Carica papaya* L.) at different evaporation-replenishment rates under drip irrigation. *Trop. Agric.* 73(4):264-269.
181. Steele, D. D., R. G. Greenland, and B. L. Gregor. 1996. Subsurface drip irrigation systems for specialty crop production in North Dakota. *Appl. Engr. Agric.* 12(6):671-679.
182. Sterrett, S. B., B. B. Ross, and C. P. Savage, Jr. 1990. Establishment and yield of asparagus as influenced by planting and irrigation method. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 115(1):29-33.
183. Suarez-Rey, E., C. Y. Choi, P. M. Waller, and D. M. Kopec. 2000. Comparison of subsurface drip irrigation and sprinkler irrigation for bermuda grass in Arizona. *Trans. ASAE* 43(3):631-640.
184. Sutton, B. G. and N. Merit. 1993. Maintenance of lettuce root zone at field capacity gives best yields with drip irrigation. *Scientia Hort.* 56(1):1-11.

185. Tan, C. S., T. Q. Zhang, W. D. Reynolds, C. F. Drury, and A. Liptay. 2003. Farm-scale processing tomato production using surface and subsurface drip irrigation and fertigation. Presented at the Annual Int'l. Mtg. of the ASAE, Jul. 27-30, 2003, Las Vegas, Nevada. ASAE Paper No. 032092, St. Joseph, Michigan. 13 pp.
186. Thomas, A. W., E. G. Kruse, and H. R. Duke. 1974. Steady infiltration from line sources buried in the soil. *Trans. ASAE* 17(1):125-133.
187. Thompson, T. L., T. A. Doerge, and R. E. Godin. 2002. Subsurface drip irrigation and fertigation of broccoli: I. Yield, quality, and nitrogen uptake. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:186-192.
188. Thompson, T. L., S. A. White, and J. L. Walworth. 2001. Optimizing fertigation frequency for drip and microsprinkler-irrigated crops. In: *Proc. Western Nutrient Manage. Conf.* (B. Brown, Ed.). Potash and Phosphate Institute, Brookings, South Dakota. 4:27-38.
189. Thompson, T. L., T. A. Doerge, and R. E. Godin. 2000. Nitrogen and water interactions in subsurface drip-irrigated cauliflower: I. Plant response. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:406-411.
190. Thompson, T. L. and T. A. Doerge. 1996. Nitrogen and water interactions in subsurface trickle-irrigated leaf lettuce: I. Plant response. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60:163-168.
191. Thompson, T. L. and T. A. Doerge. 1995a. Nitrogen and water rates for subsurface trickleirrigated collard, mustard and spinach. *HortScience* 30(7):1382-1387.
192. Thompson, T. L. and T. A. Doerge. 1995b. Nitrogen and water rates for subsurface trickleirrigated romaine lettuce. *HortScience* 30(6):1233-1237.
193. Thorburn, P. J., F. J. Cook, and K. L. Bristow. 2003. Soil-dependant wetting from trickle emitters: Implications for system design and management. *Irrig. Sci.* 22:121-127.

194. Trooien, T. P., F. R. Lamm, L. R. Stone, M. Alam, D. H. Rogers, G. A. Clark, and A. J. Schlegel. 2000. Subsurface drip irrigation using livestock wastewater: Dripline flow rates. *App. Engr. Agric.* 16(5):505-508.
195. Tzimopoulos C., Tziara M., Dellios M., 1986, Statistical Analysis and Estimation of Saturated Hydraulic Conductivity from Soil Properties, International Symposium in Water Management for Agricultural Development E.W.R.A., Pub. 1, pp. 264-265.
196. U.S. Department of Energy, 2005. Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. Alternative Fuels Data Center, http://www.eere.energy.gov/afdc/fuel_properties.html.
197. Undersander, D.J., Smith, L.H., Kaminski, A.R., Kelling, K.A., and Doll, J.D., 1990. Sorghum – Forage. For Alternative Field Crop Manual. University of Minnesota: Center of Alternative Plants and Animal Products.
198. Van der Gulik, T. W. 1999. B. C. Trickle Irrigation Manual. B. C. Ministry Agric. and Food Res. Manage. Branch and Irrig. Industry Assoc. of British Columbia, Abbotsford, B. C., Canada. 321 pp.
199. Van Ginneken, M. and G. Oron 2000. Risk assessment of consuming agricultural products irrigated with reclaimed wastewater: An exposure model. *Water Resources Res.* 36(9):2691-2699.
200. Vauclin M., 1983, Methodes d'etude de la Variabilite Spatiale des Proprietes d'un sol. Variabilite Spatiale des Processus de Transfert dans le Sol, Avignon 24-25, Juin 1982, Ed.INRA.
201. Vauclin M., Imbernon J., Vachaud G., 1981, Spatial Variability of some Soil Physical Properties over one-hectare Field Plot, Chapman Conference, Fort Collins Juillet, 1981.
202. Venturi, P., 1999. Comparison between miscanthus, kenaf and sorghum with regards to water and N availability. Document ID B10545. In : BioBase.
203. Warrick, A. W. and U. Shani. 1996. Soil-limiting flow from subsurface emitters. II. Effect on uniformity. *ASCE J. Irrig. Drain. Engr.* 122(5):296-300.

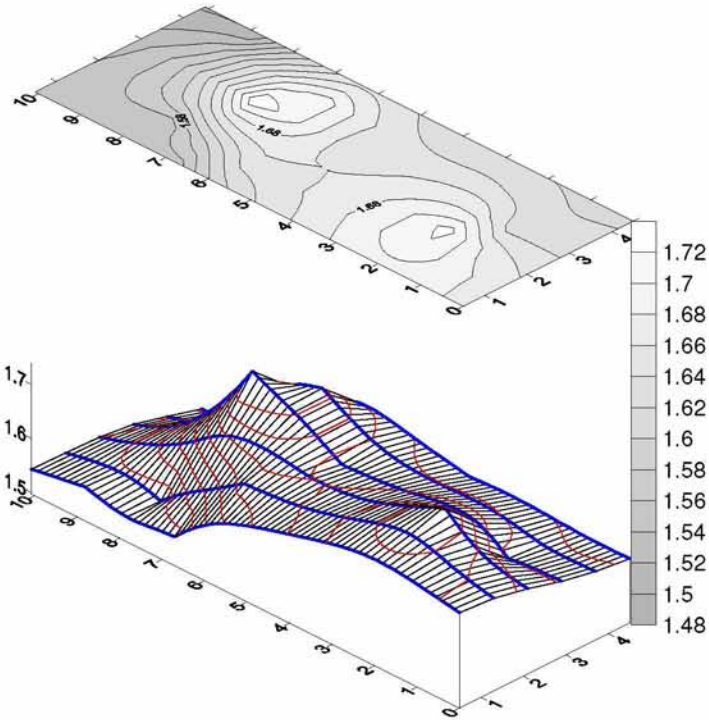
204. Watson D. J. and M. A. Watson, 1953. Comparative physiological studies on the growth of field crops. III. The effect of infection with beet yellows on beet mosaic viruses on the growth and yield of sugar beet crops. *Ann. Bioi* 40: pp 1-37.
205. Webster R., 1985, Quantitative Spatial Analysis of Soil in the Field, *Advances in Soil Sciences*, Vol 3. pp.1-70.
206. Wendt, C. W., A. B. Onken, O. C. Wilke, R. S. Hargrove, W. Bausch, and L. Barnes. 1977. Effect of irrigation systems on the water requirement of sweet corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41:785-788.
207. Wilhoit, R.C., Zwolinski, B.J. (Eds.), 1973. Physical and thermodynamic properties of aliphatic alcohols. *J. Phys. Chem.* 2 (Suppl. no. 1) Reference data.
208. Worley, J.W., Cundiff, J.S., 1991. System analysis of Sweet Sorghum harvest for ethanol production in the Piedmont. *Trans. Amer. Soc. Arg. Eng.* 34(2) : 539-547.
209. Wuertz, H. 2005. Unpublished data. Sundance Farms and Arizona Drip Systems, Inc., Coolidge, Arizona.
210. Zimmerman Rick and Mahbub Alam, 2000. Influence of Plastic Mulch and Subsurface Drip Irrigation on Yield and Brix Levels of Kabocha Squash. W.S.R.S. 2000 Annual Report.
211. Zoldoske, D. 1999. Root intrusion prevention. *Irrig. J.* 49(4):14-15.
212. Zoldoske, D. Striegler, R.K. Berg, G.T. Jorgenson, G. . Lake, C. BS. Graves, G. and Burnett. D.M. 1998. Evaluation of Trellis System and Subsurface Drip Irrigation for Wine Grape Production. *Viticulture and Enology Resh. Center. CATI Publicationb # 980401.*

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

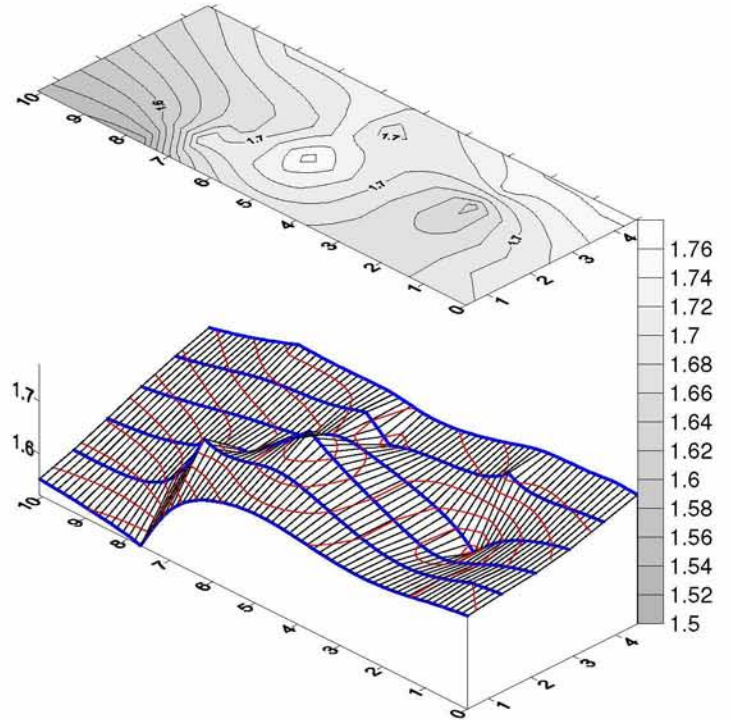
ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ - ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ

ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ 2/8/2005

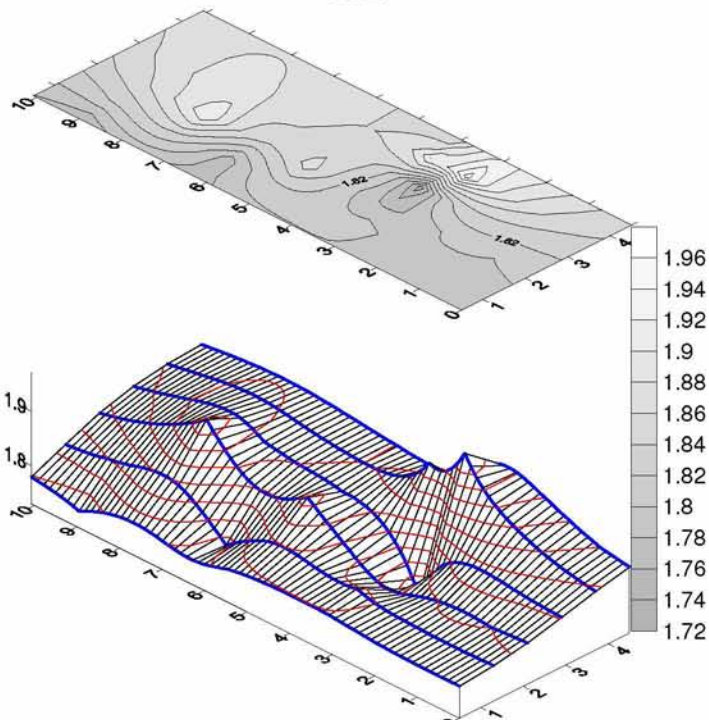
Υ1



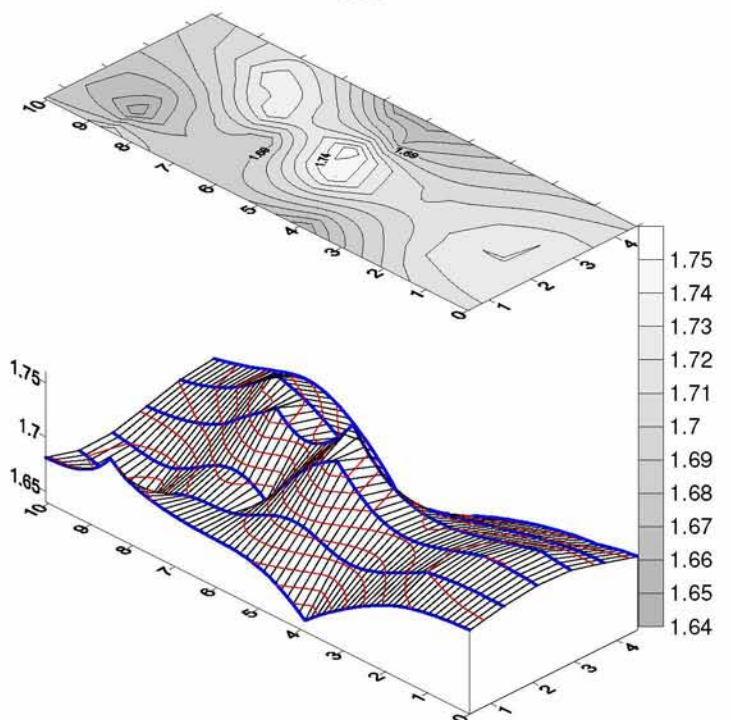
Υ6



Υ12



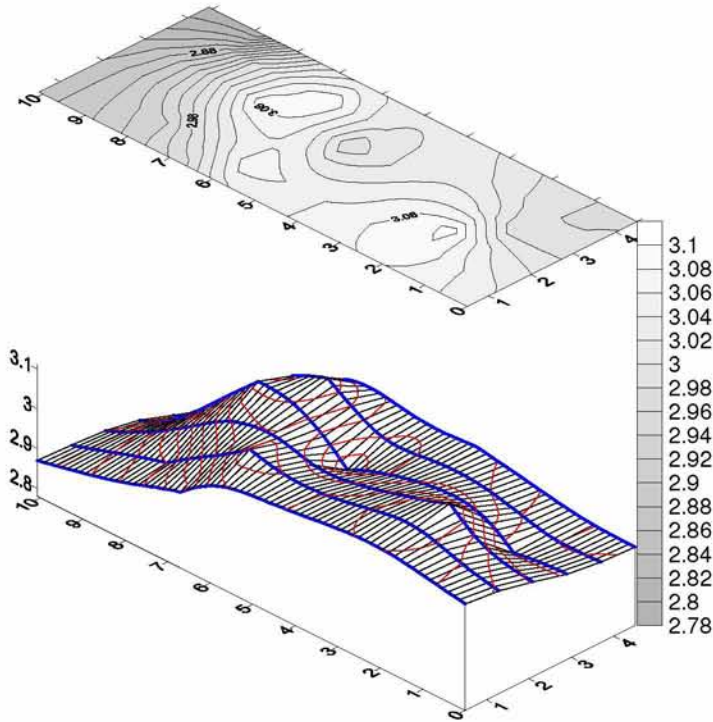
Υ15



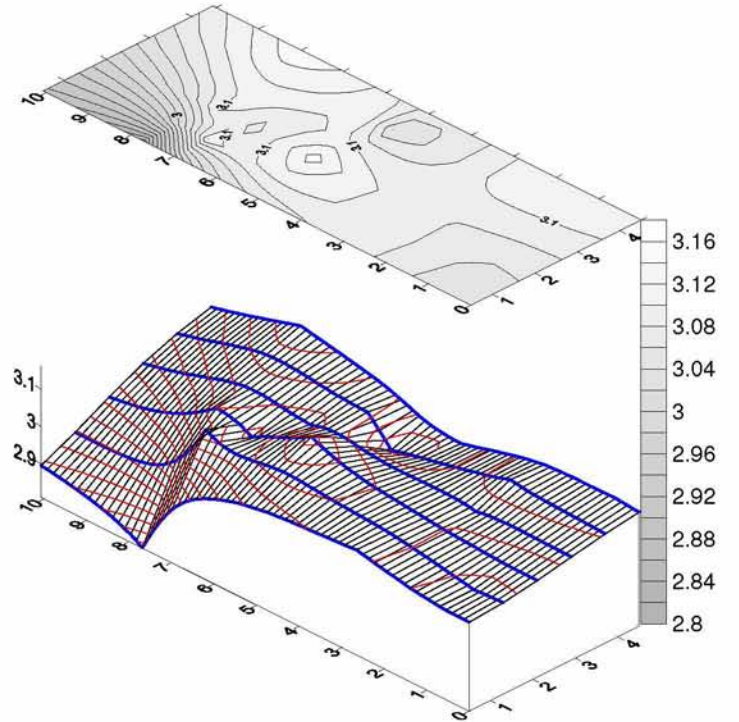
*Παρουσιάζονται στο παράρτημα ενδεικτικά οι δύο από τις συνολικά δέκαοκτώ μετρήσεις υψών για το σύνολο των μεταχειρίσεων και των ετών διεξαγωγής του πειράματος.

ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ 6/9/2005

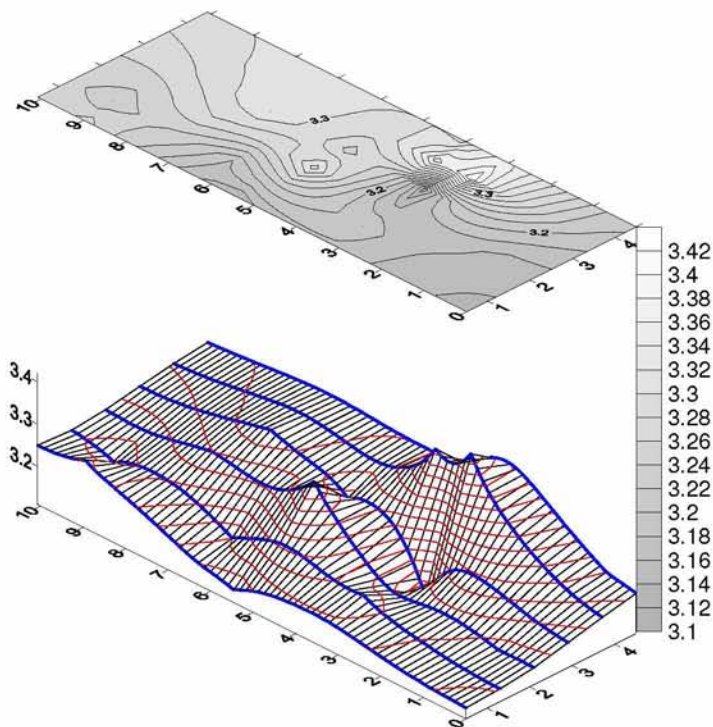
Υ1



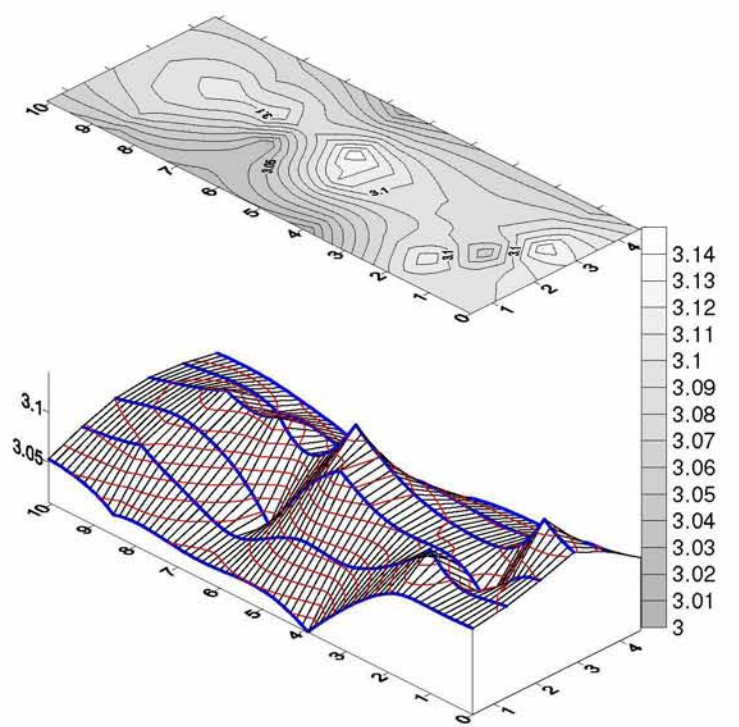
Υ6



Υ12

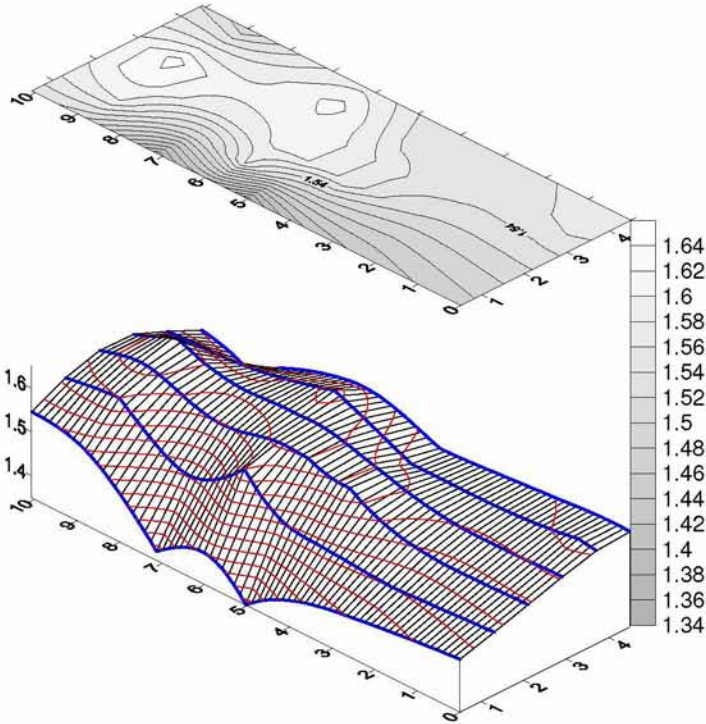


Υ15

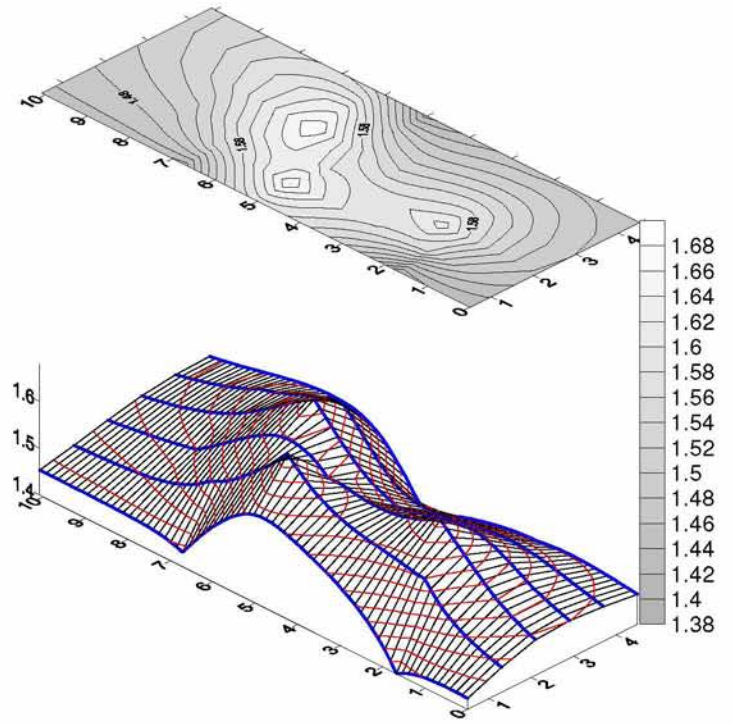


ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 2/8/2005

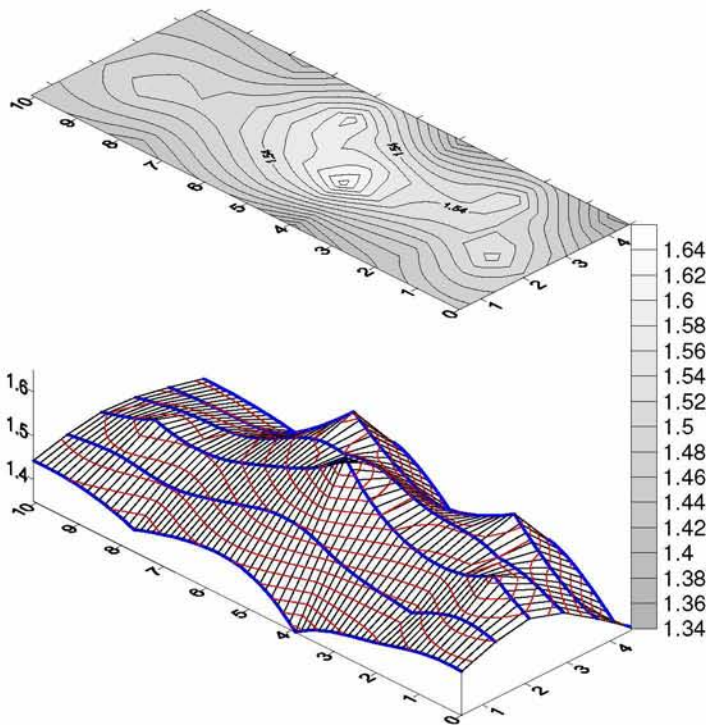
E3



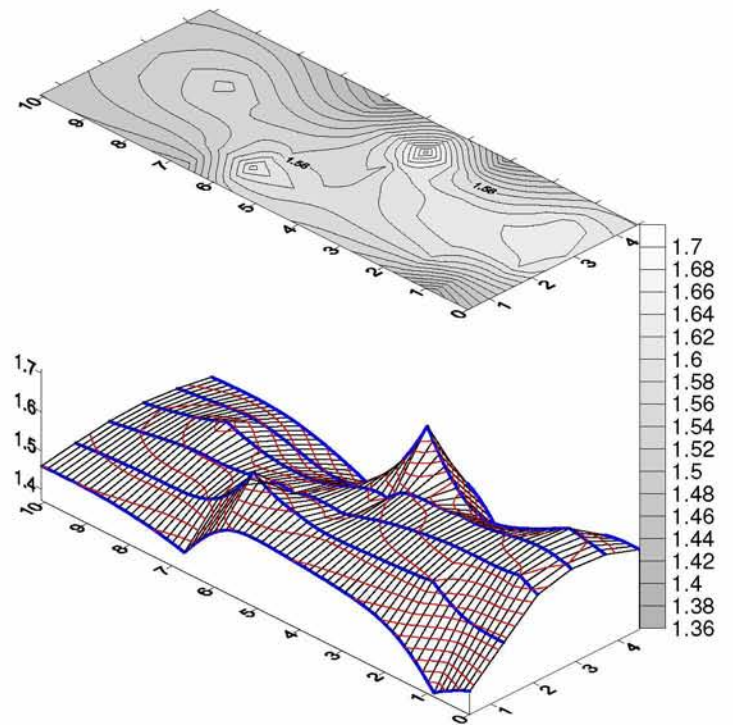
E7



E11

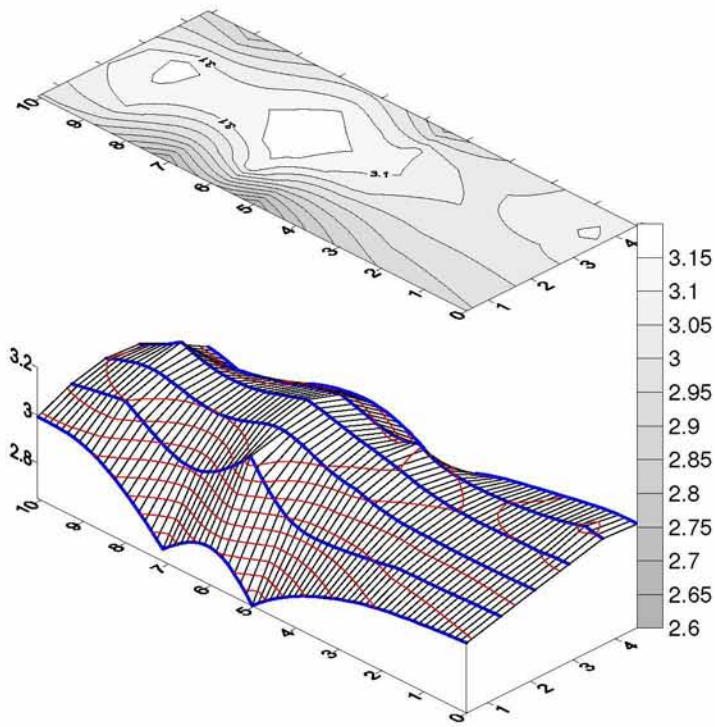


E13

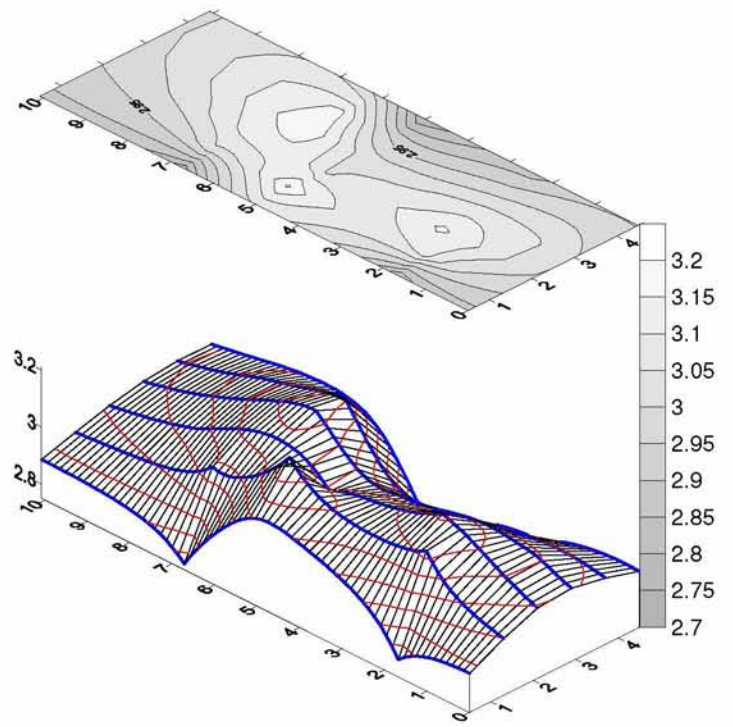


ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 6/9/2005

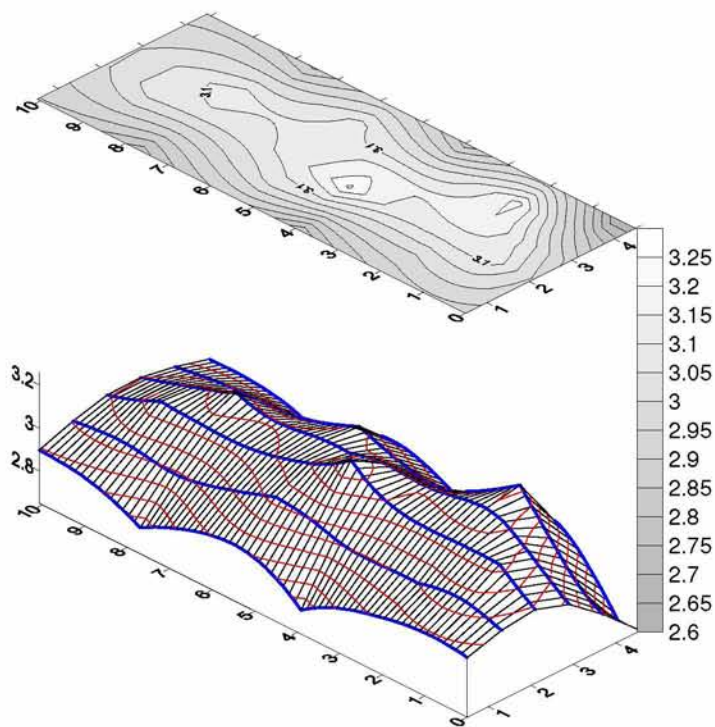
E3



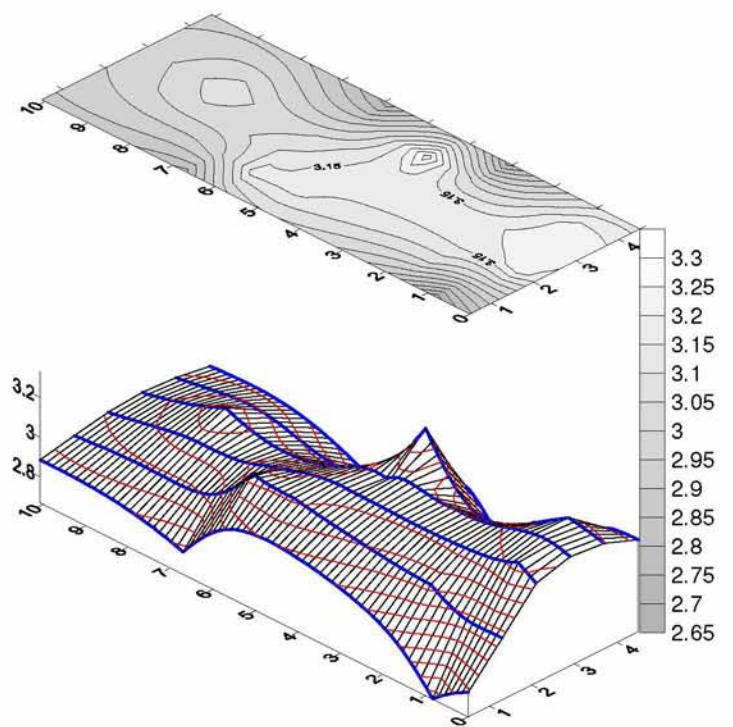
E7



E11

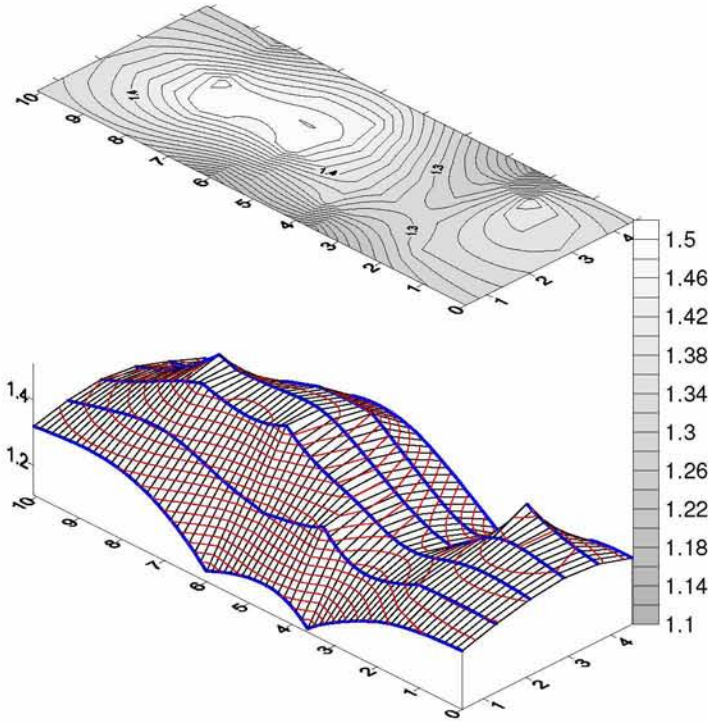


E13

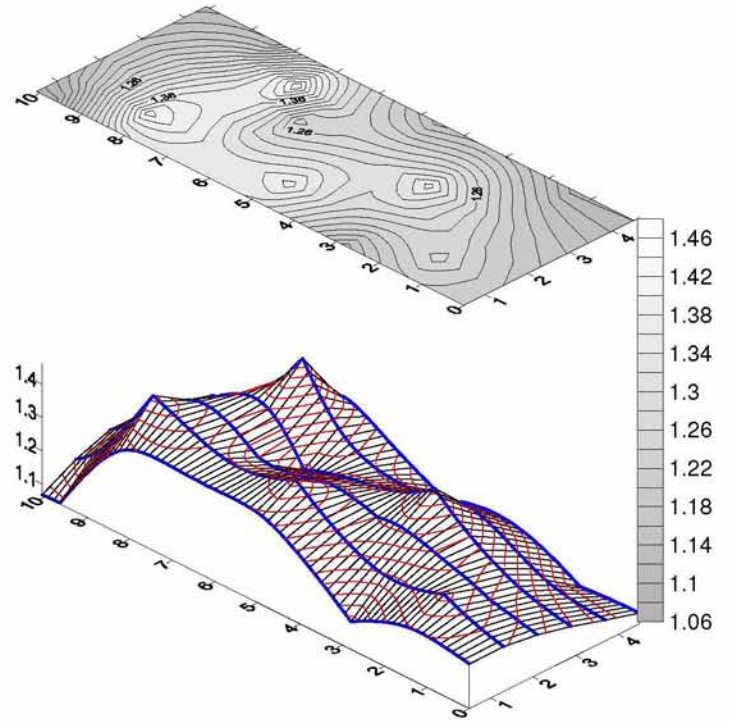


ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 2/8/2005

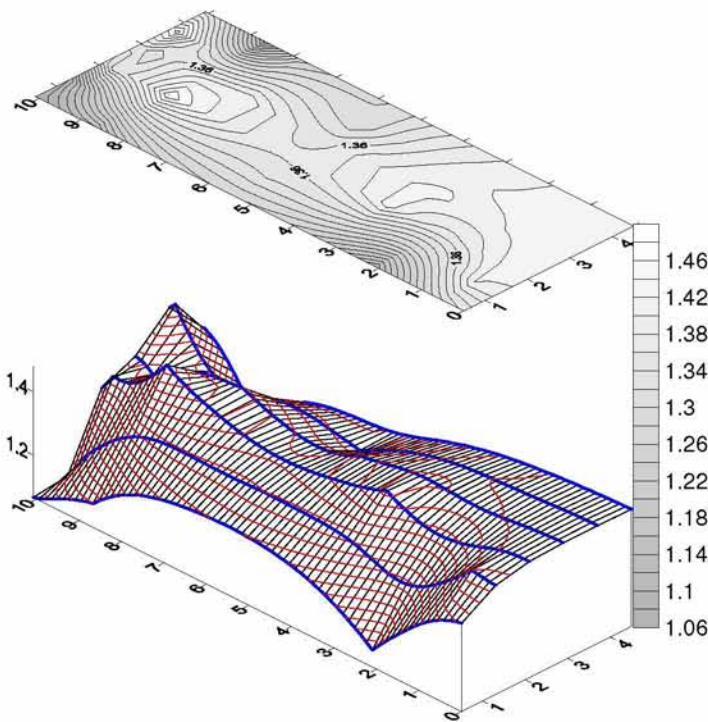
E2



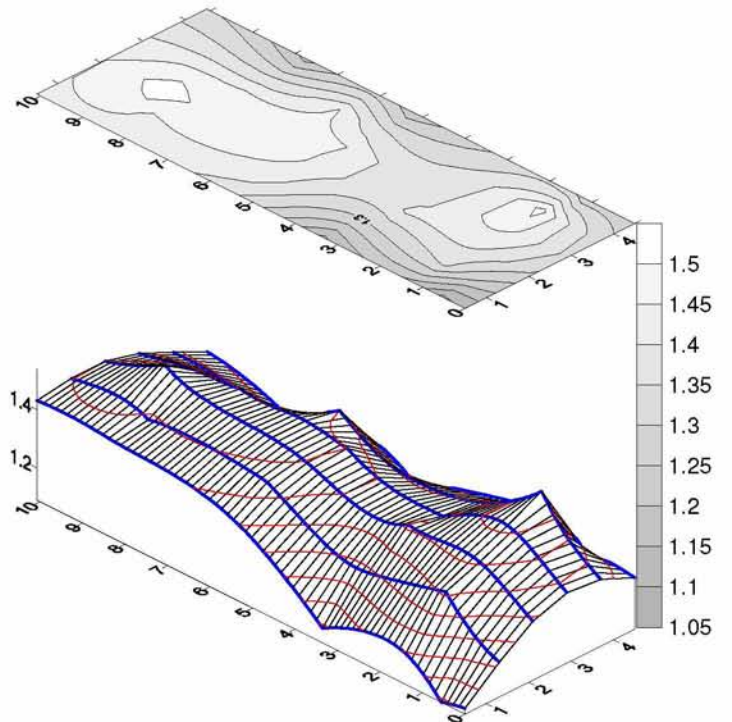
E8



E9

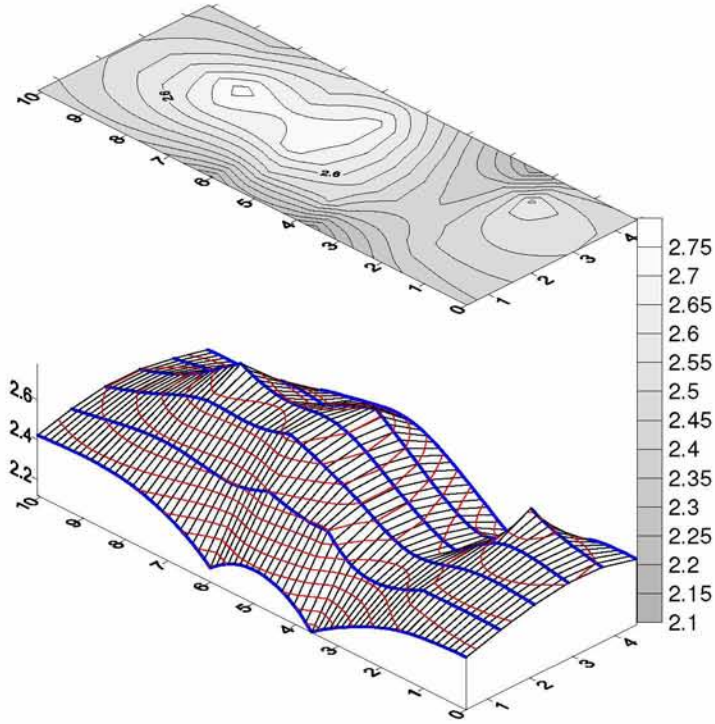


E16

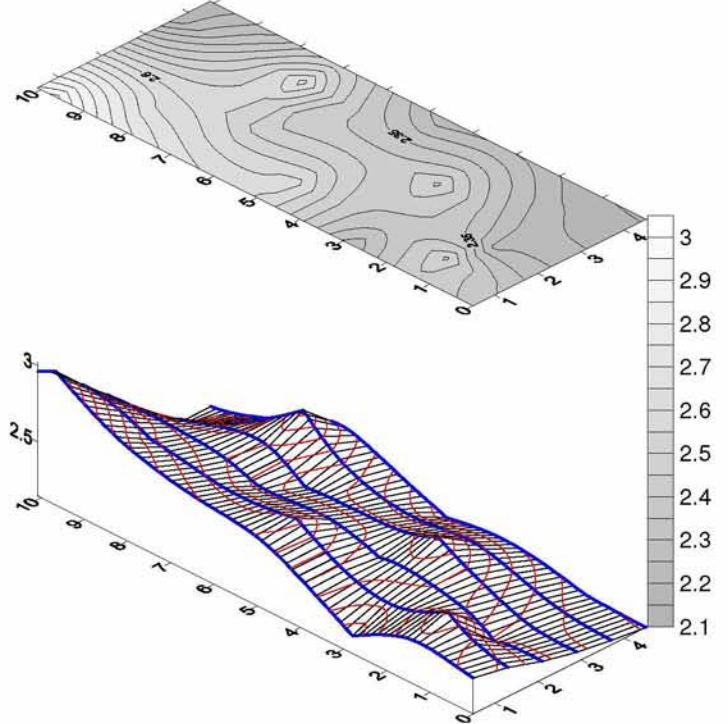


ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 6/9/2005

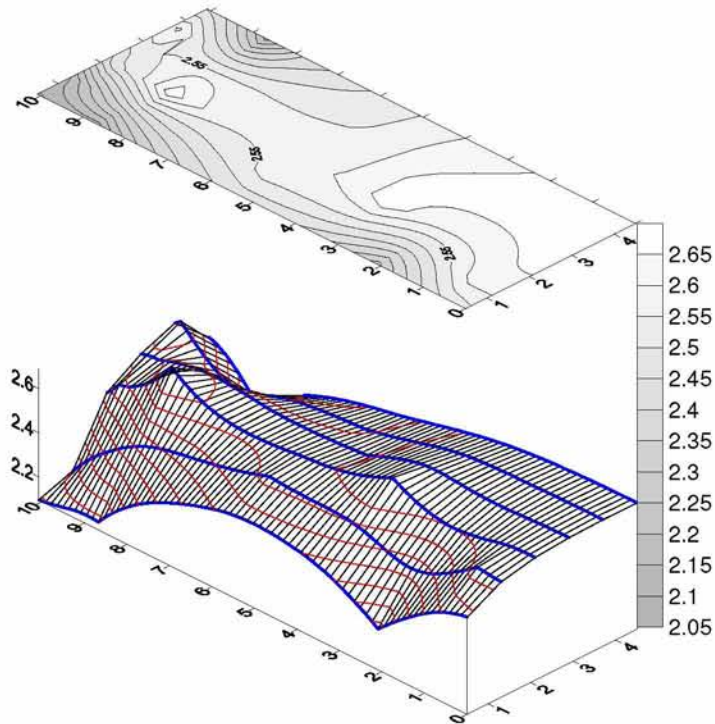
E2



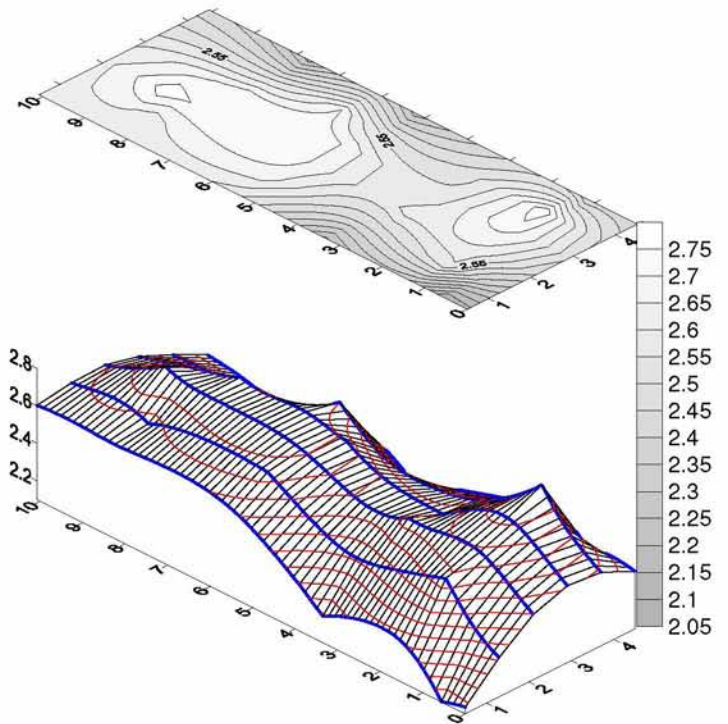
E8



E9

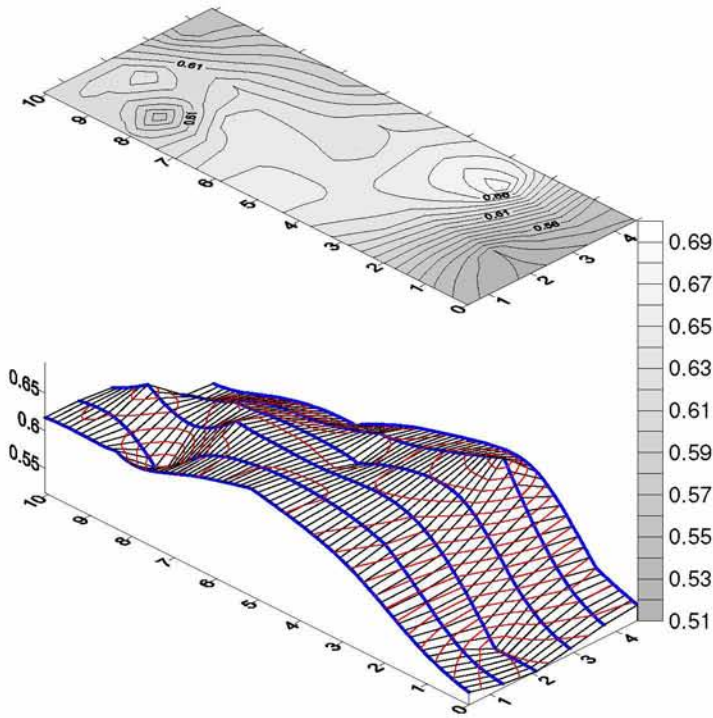


E16

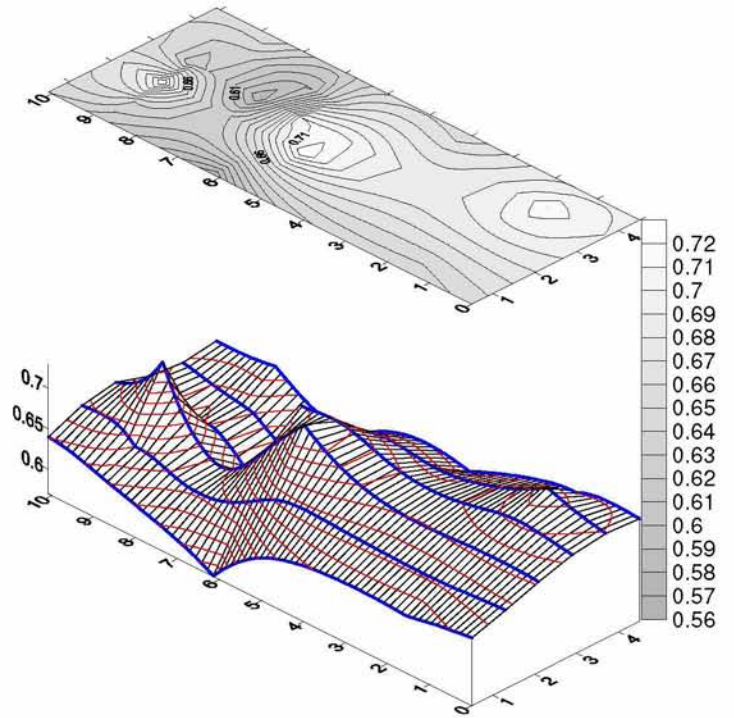


ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 2/8/2005

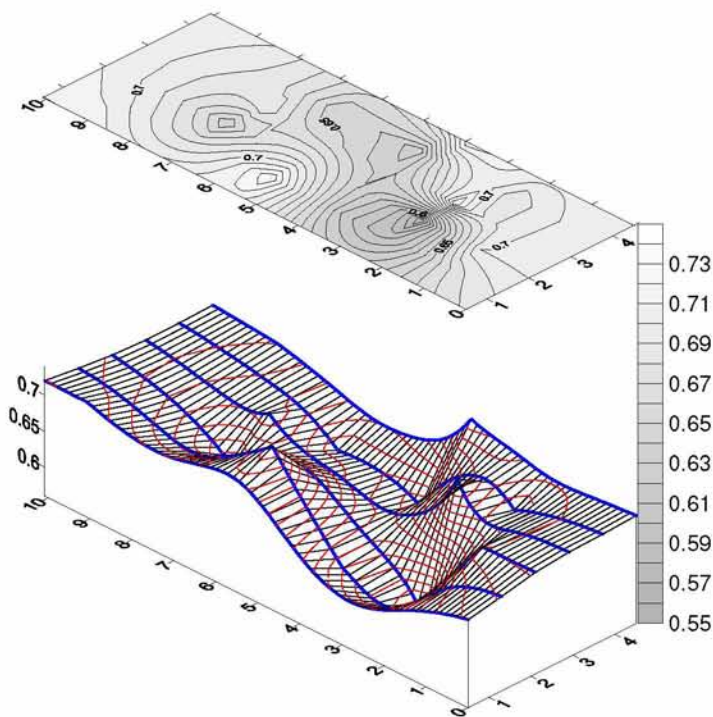
M4



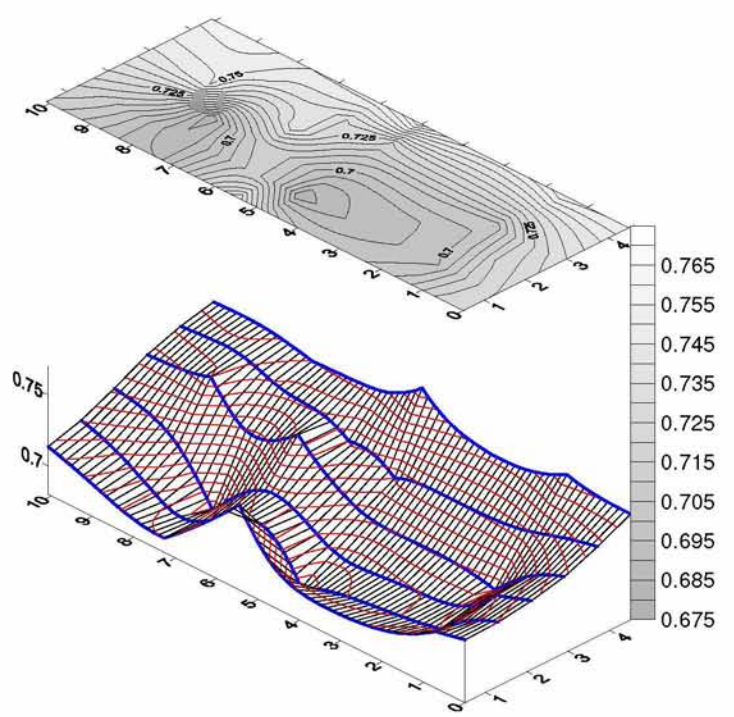
M5



M10

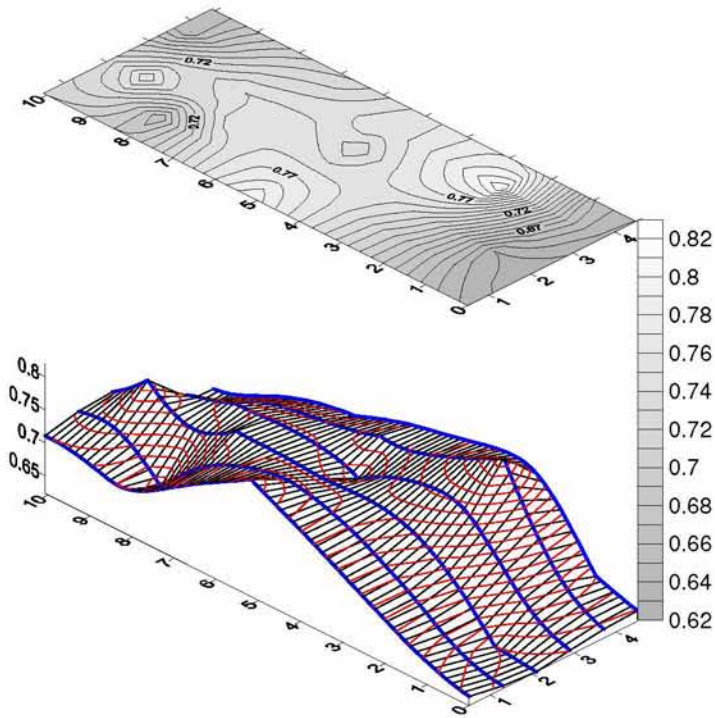


M14

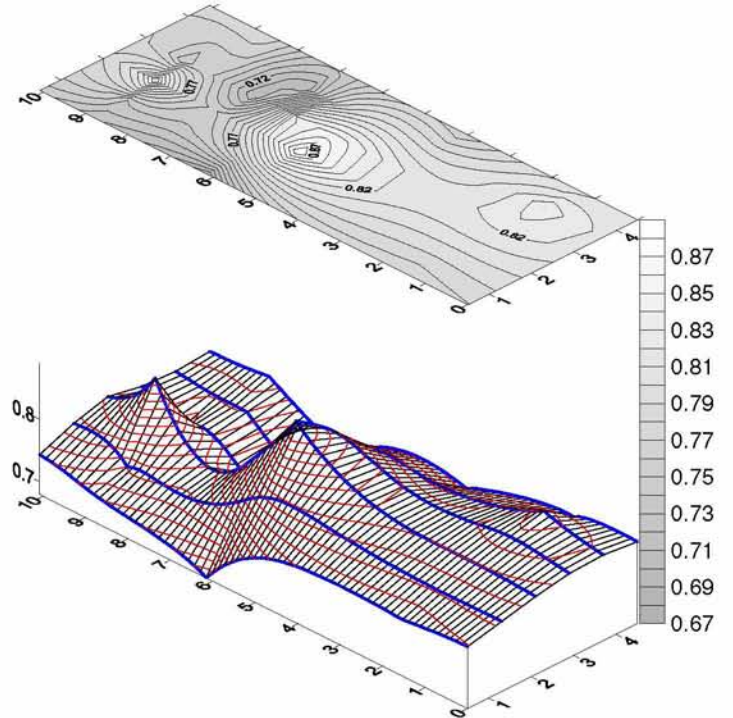


ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 6/9/2005

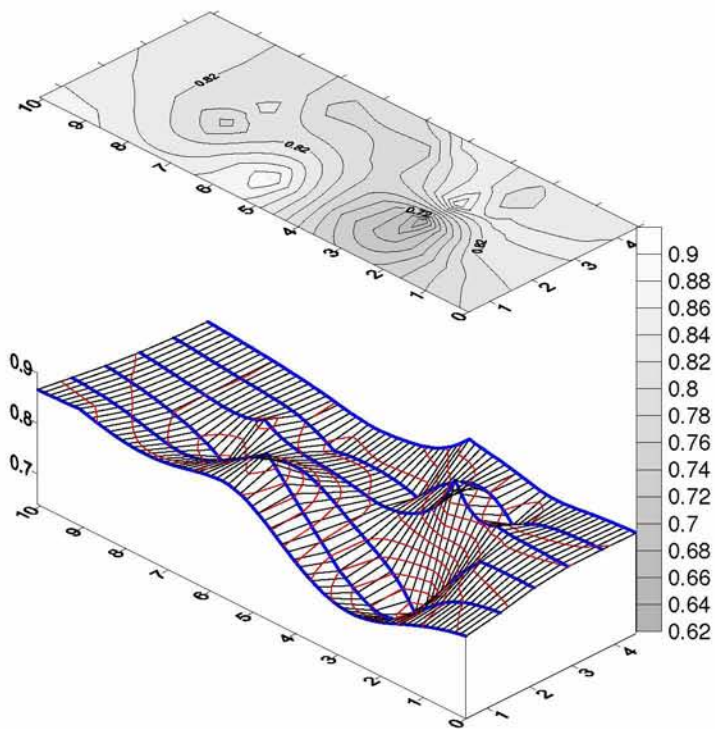
M4



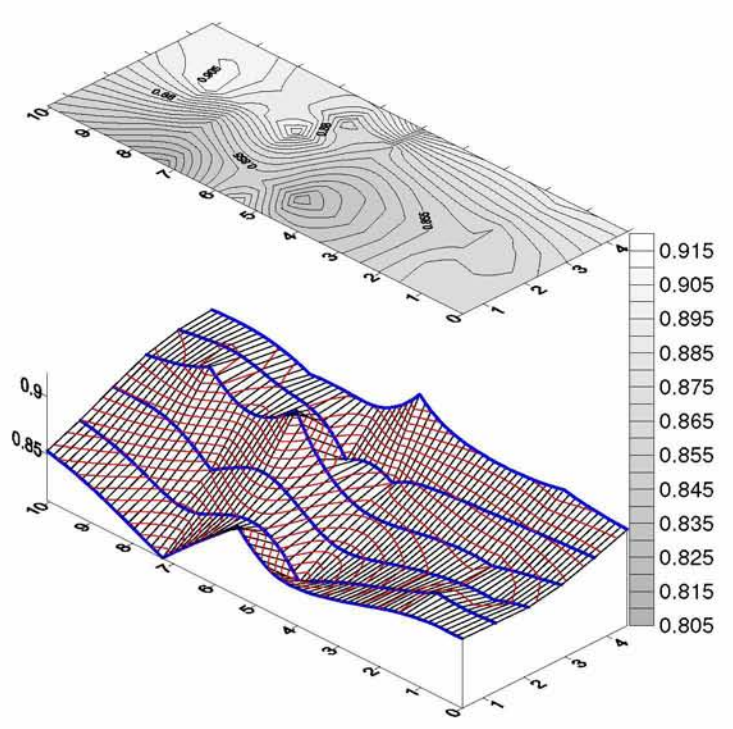
M5



M10

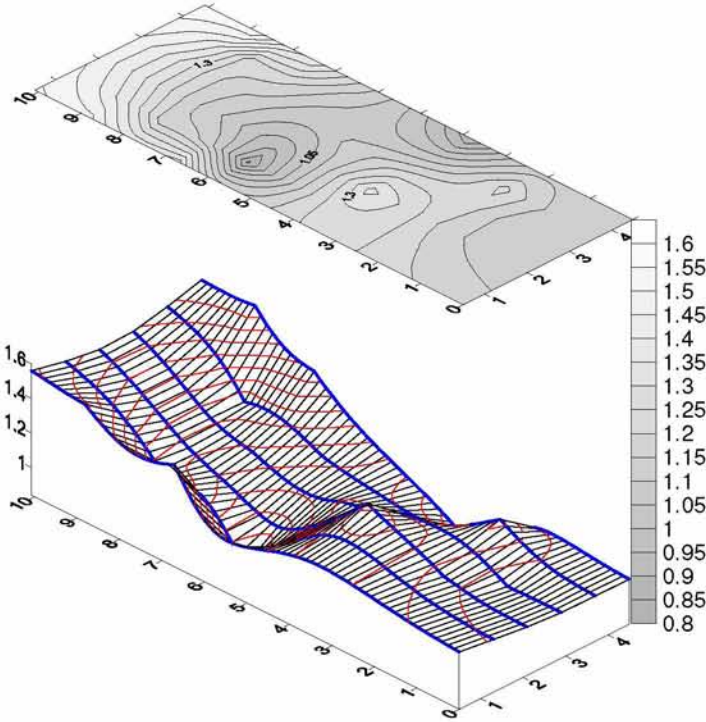


M14

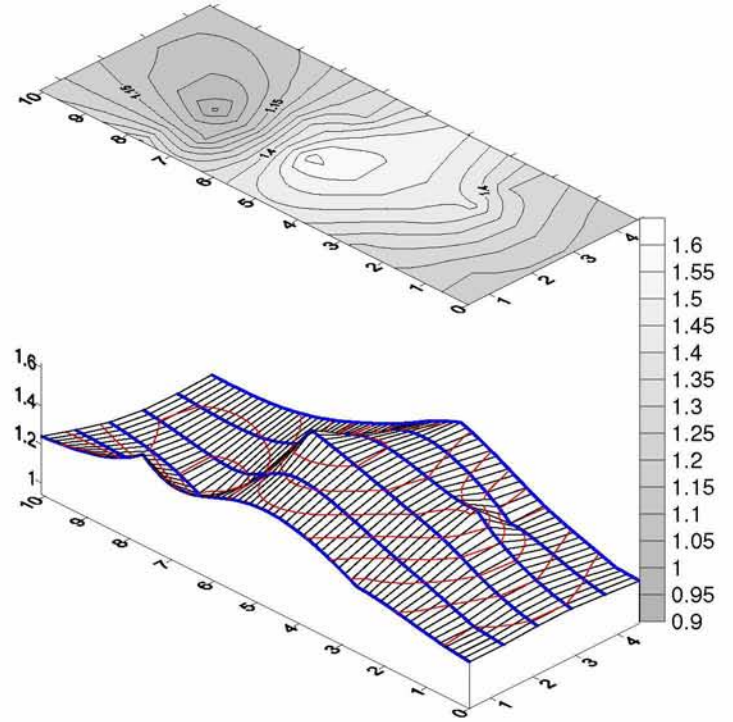


ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ 2/8/2006

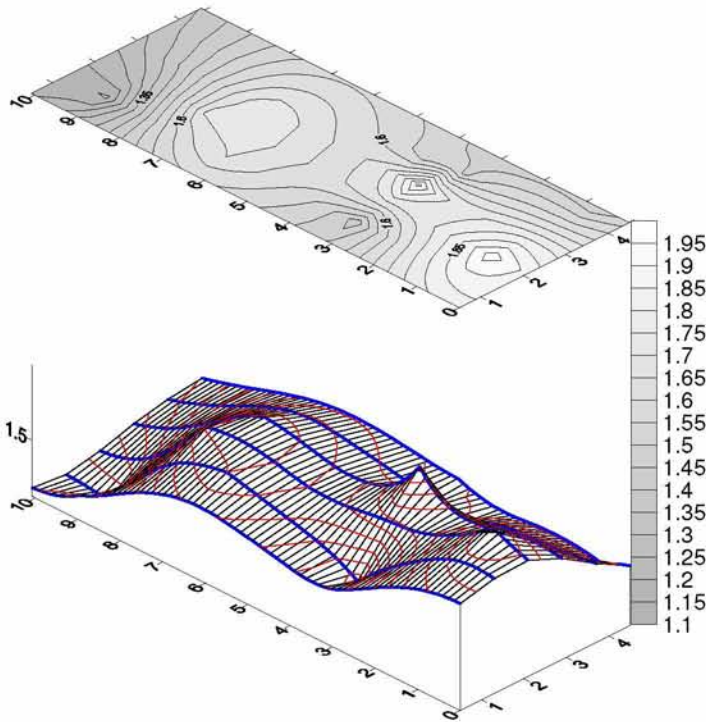
Υ1



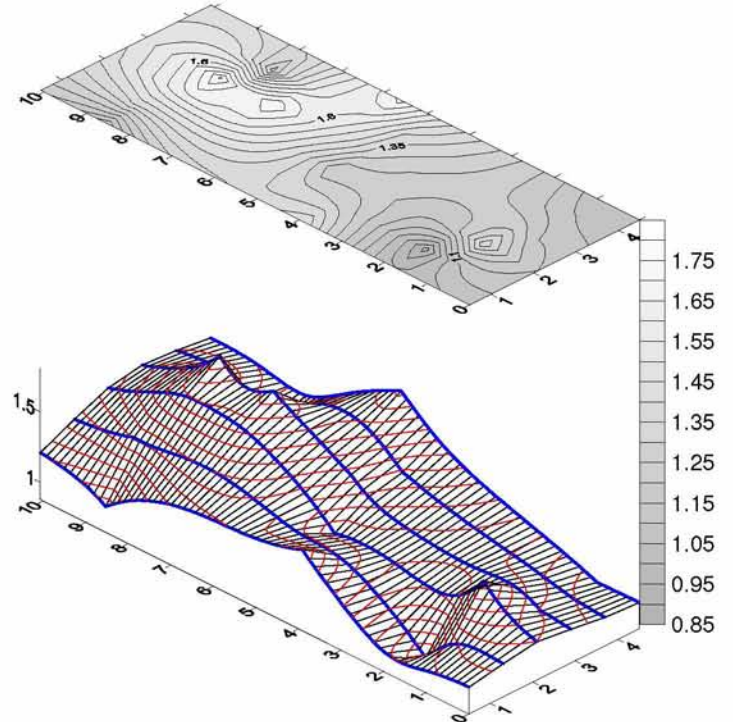
Υ6



Υ12

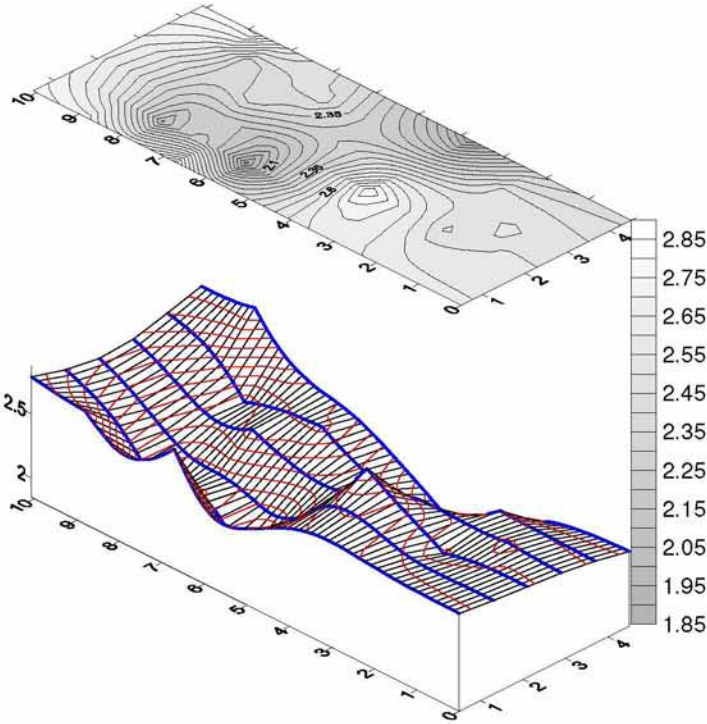


Υ15

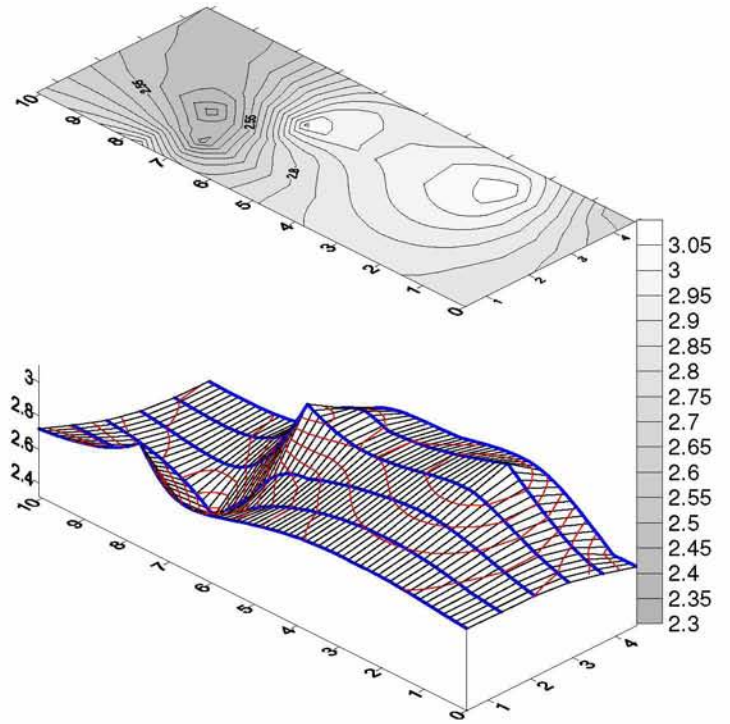


ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ 6/9/2006

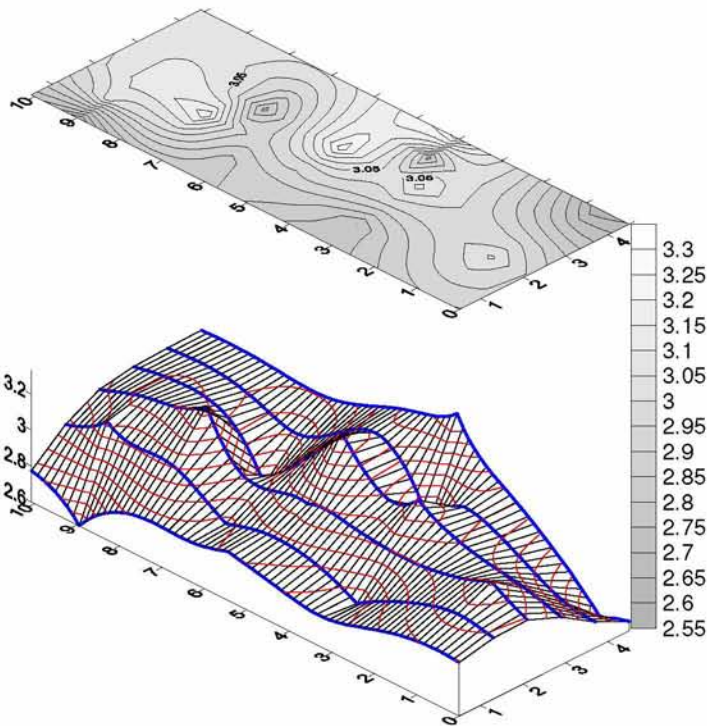
Υ1



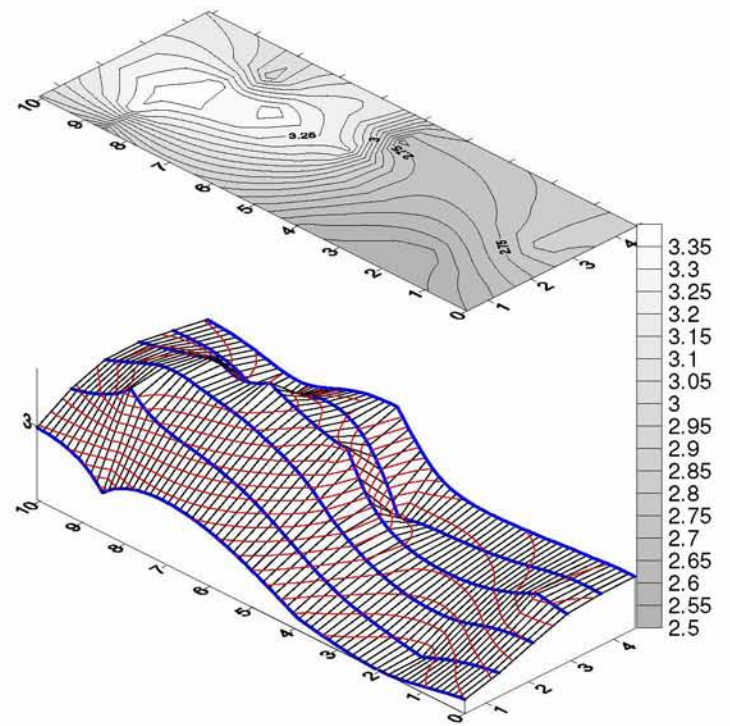
Υ6



Υ12

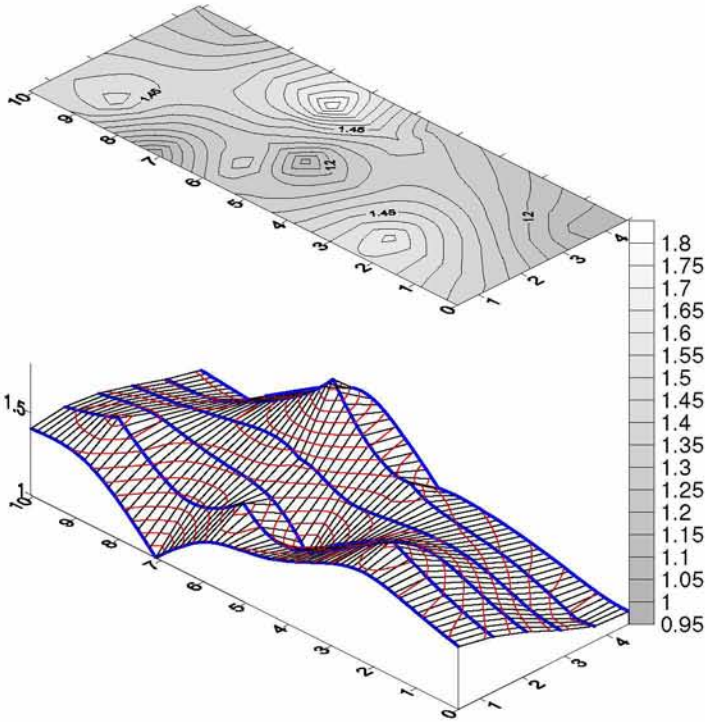


Υ15

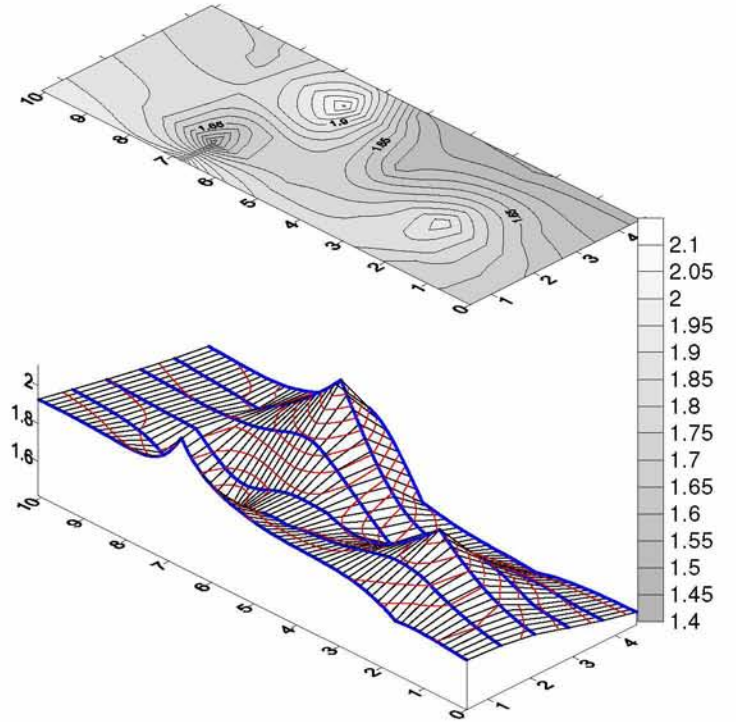


ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 2/8/2006

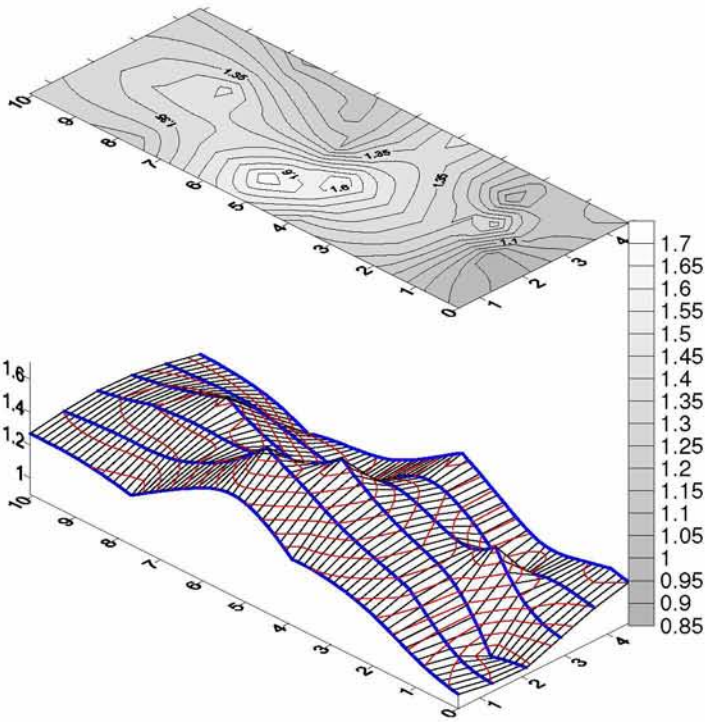
E3



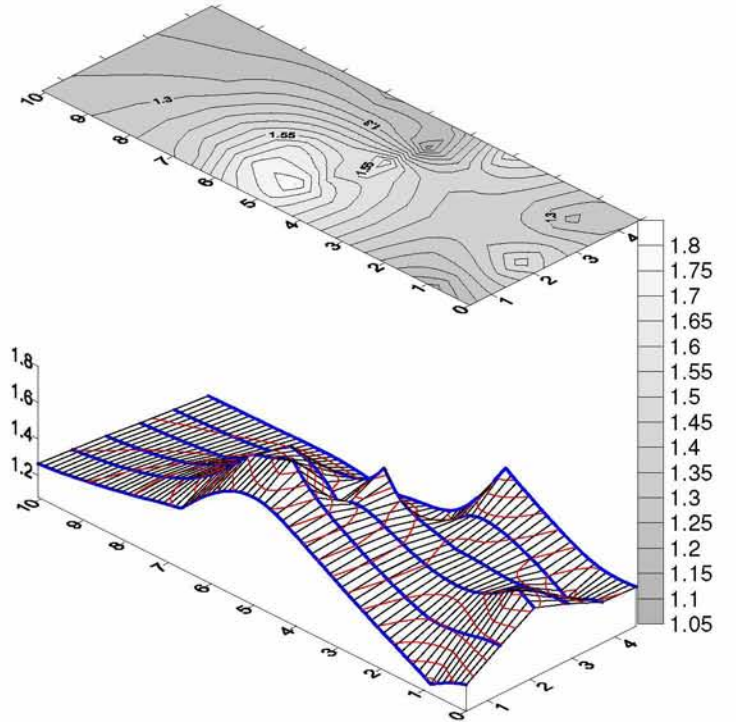
E7



E11

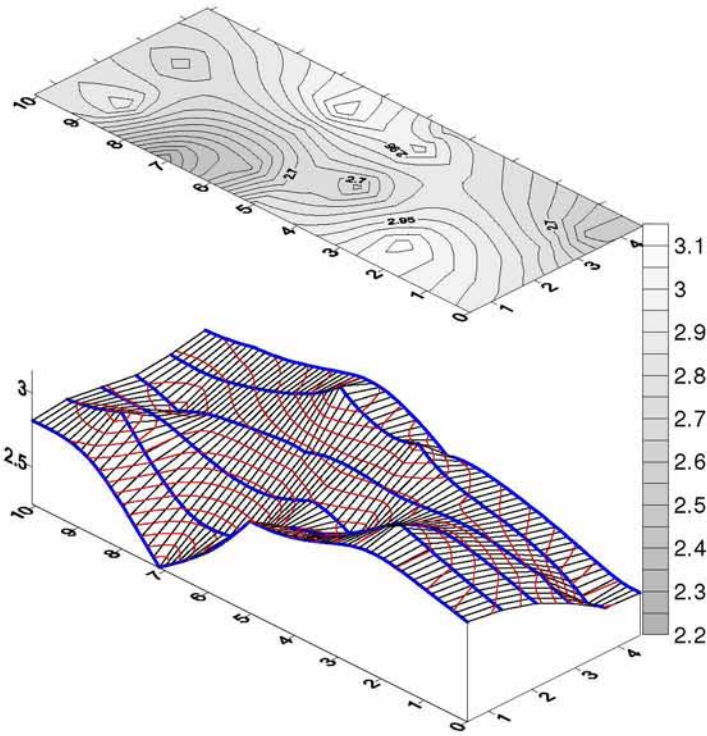


E13

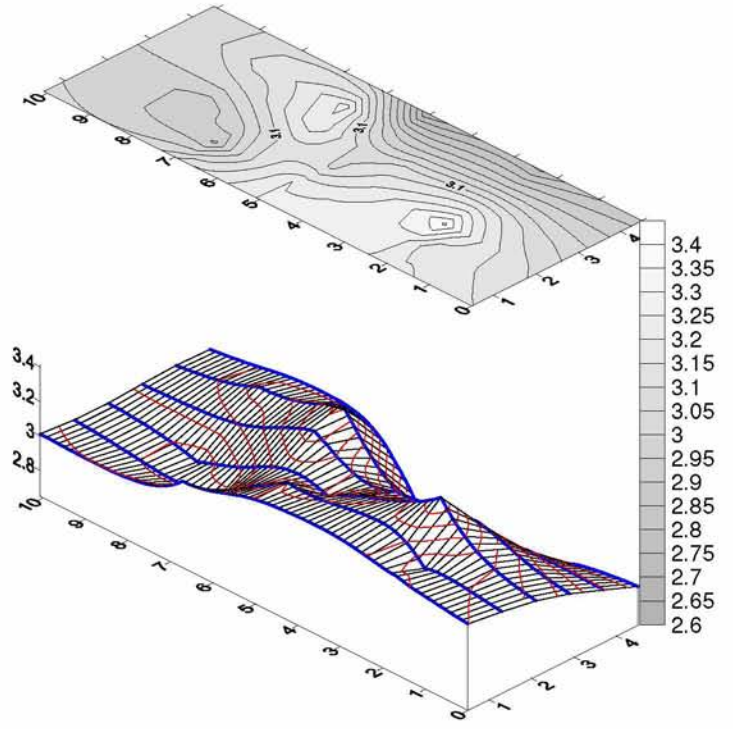


ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 6/9/2006

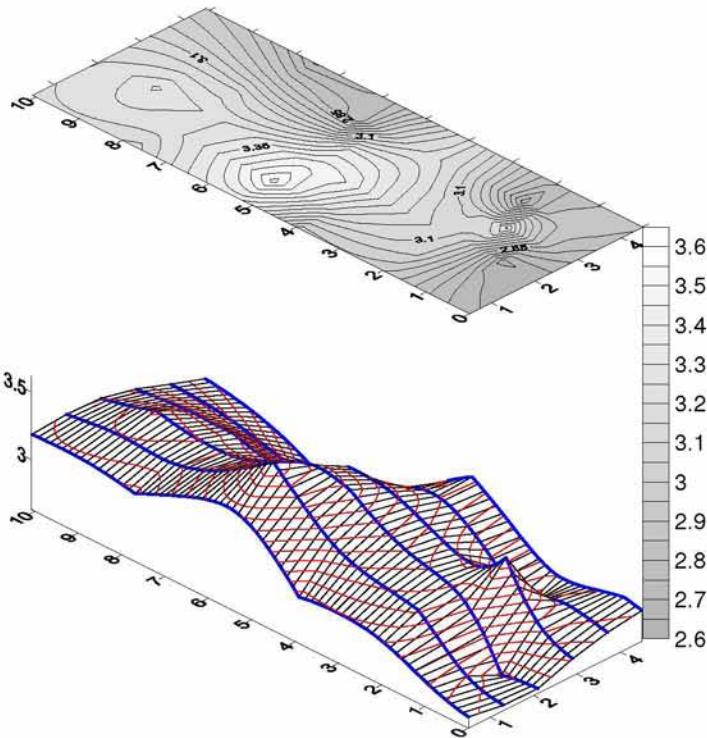
E3



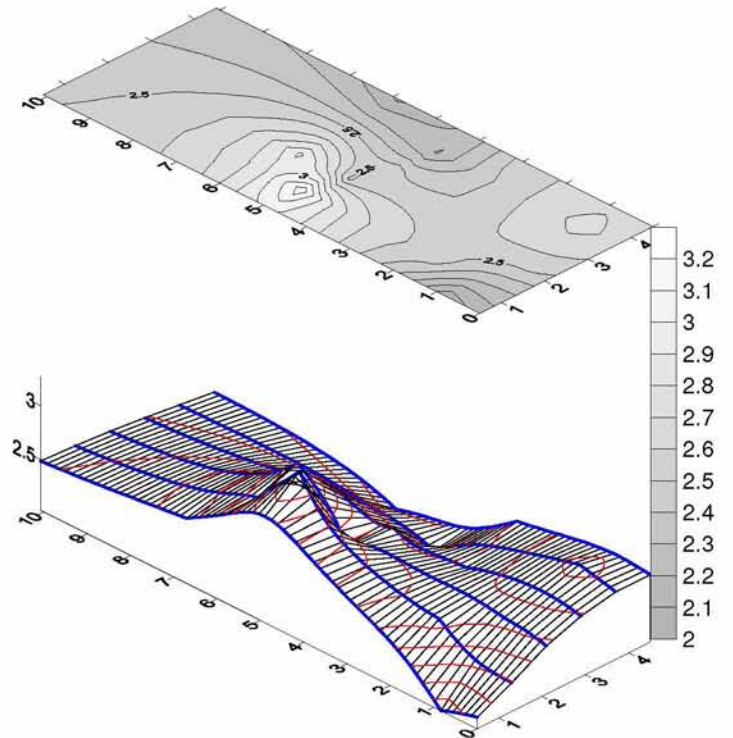
E7



E11

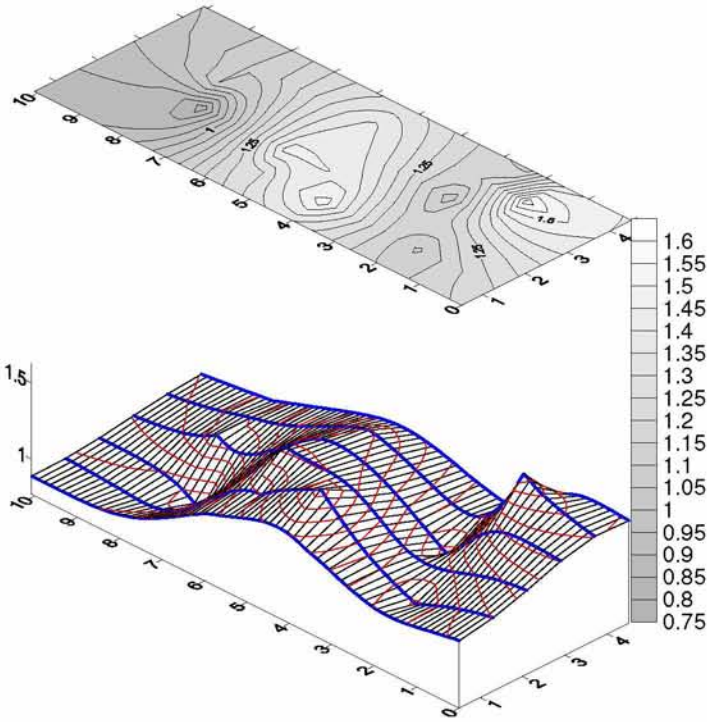


E13

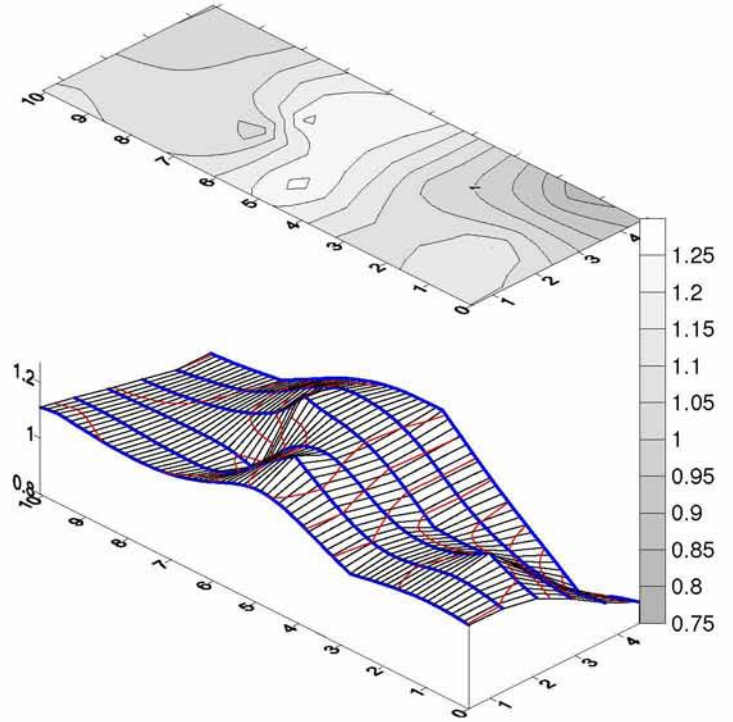


ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 2/8/2006

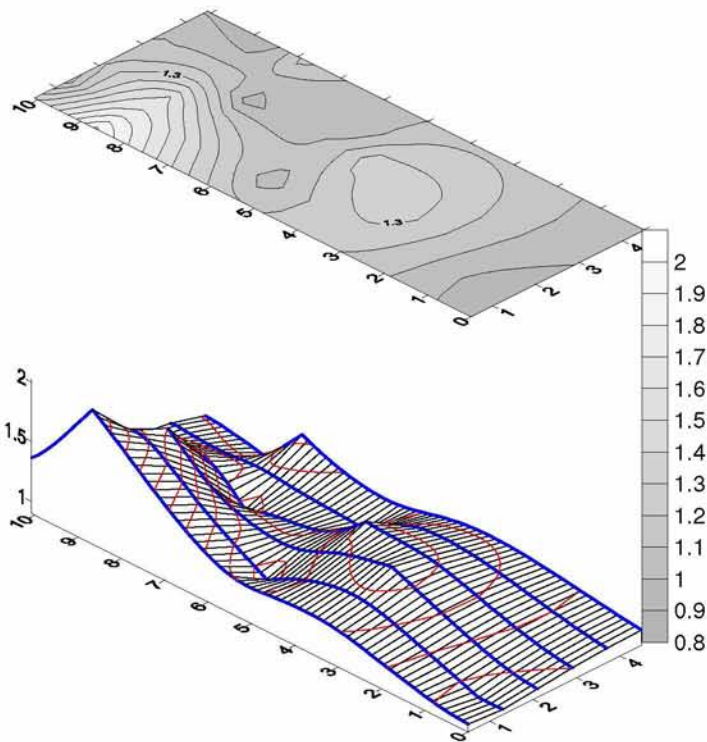
E2



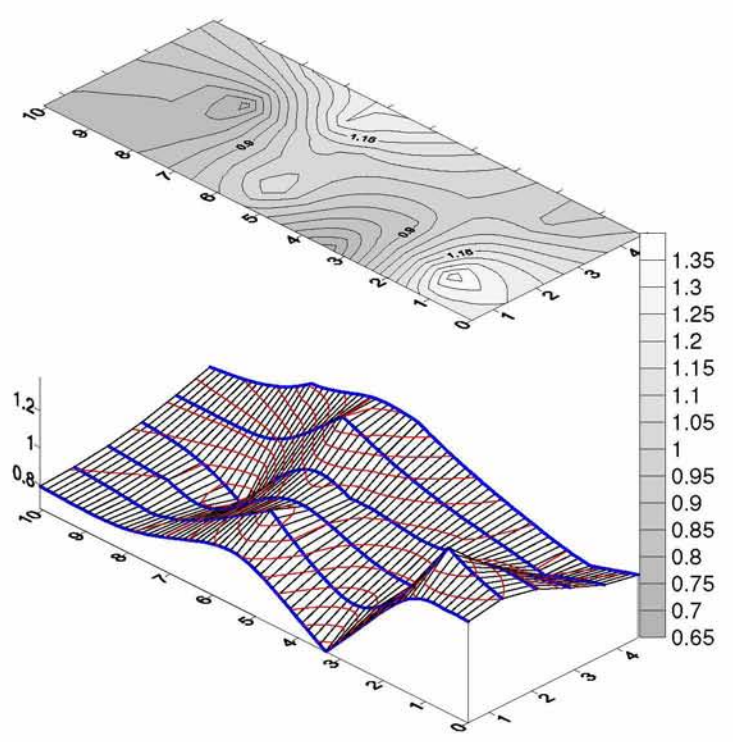
E8



E9

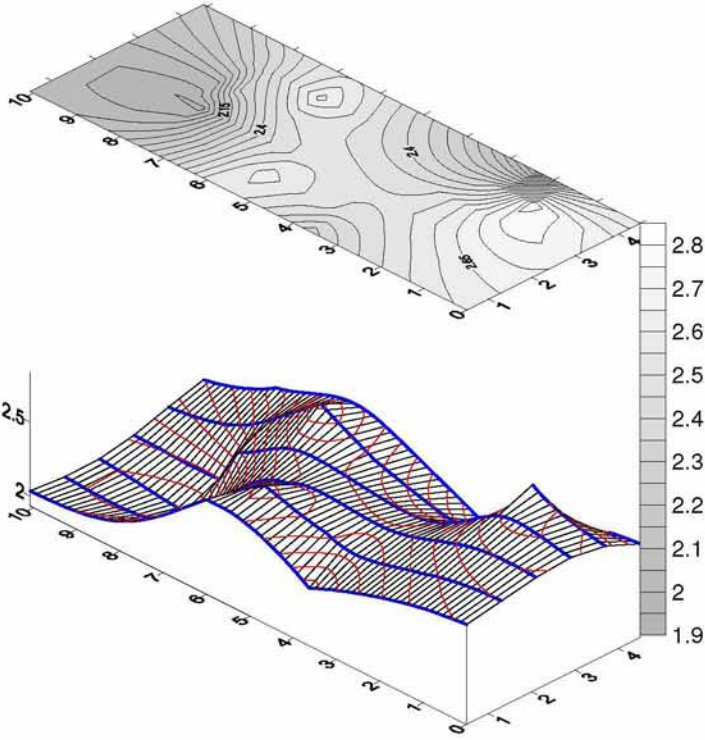


E16

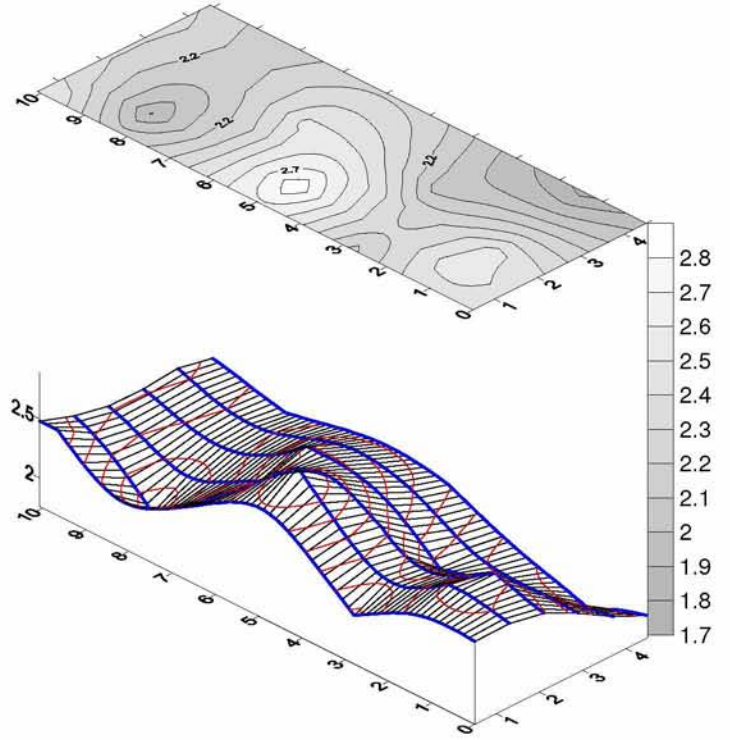


ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 6/9/2006

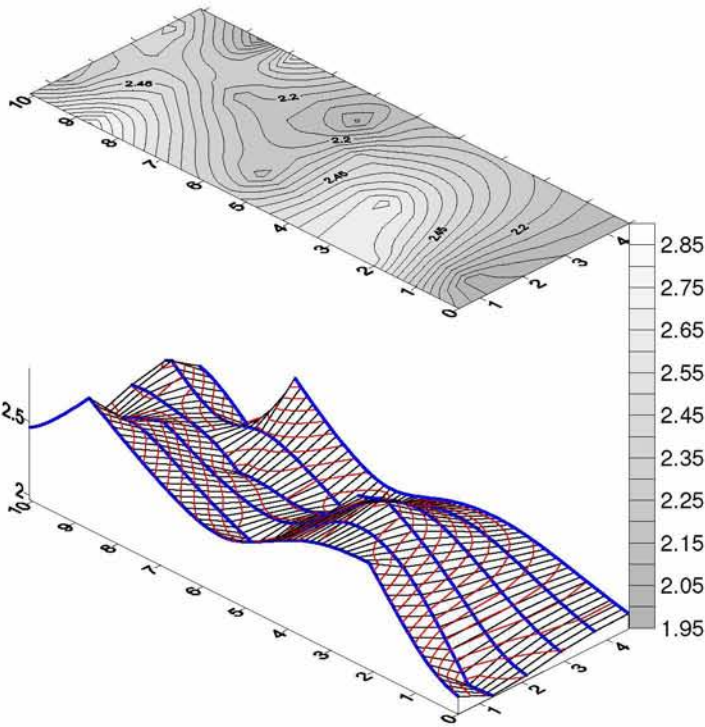
E2



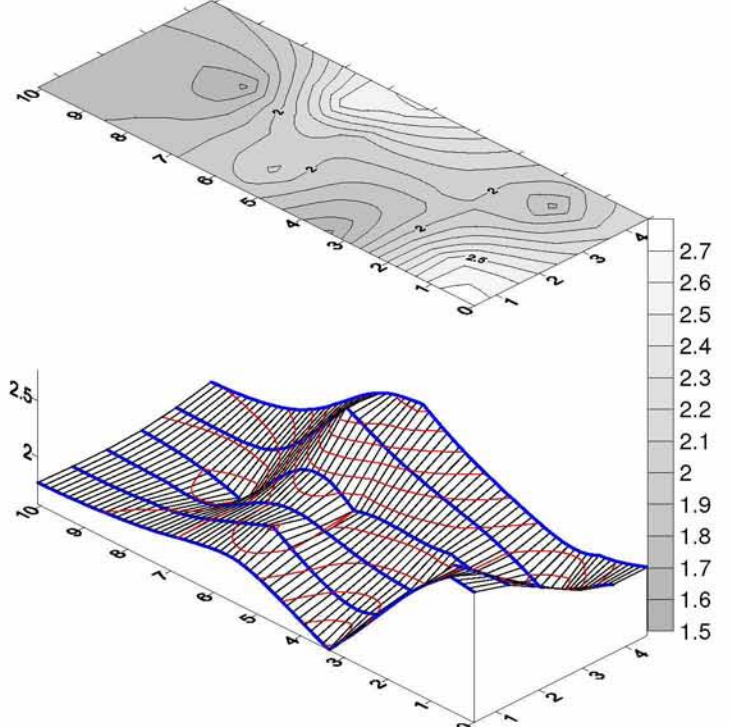
E8



E9

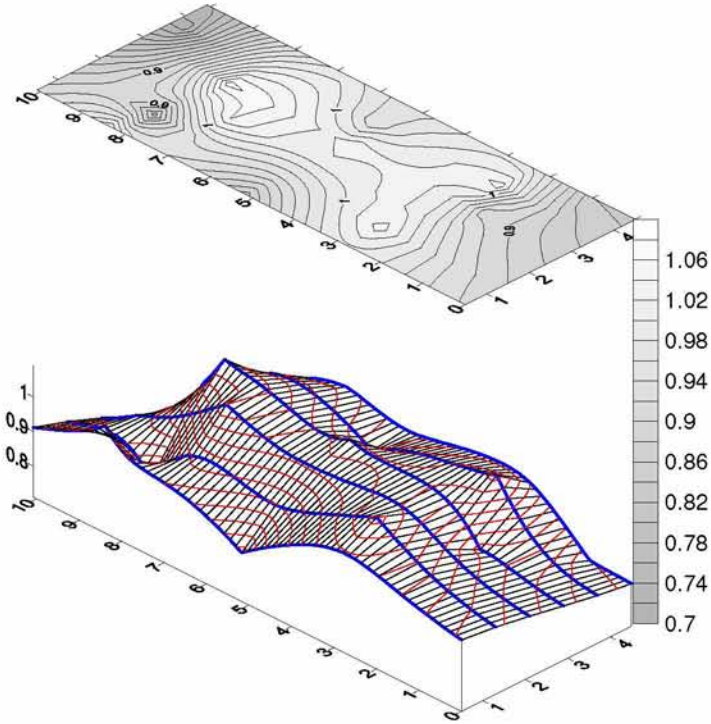


E16

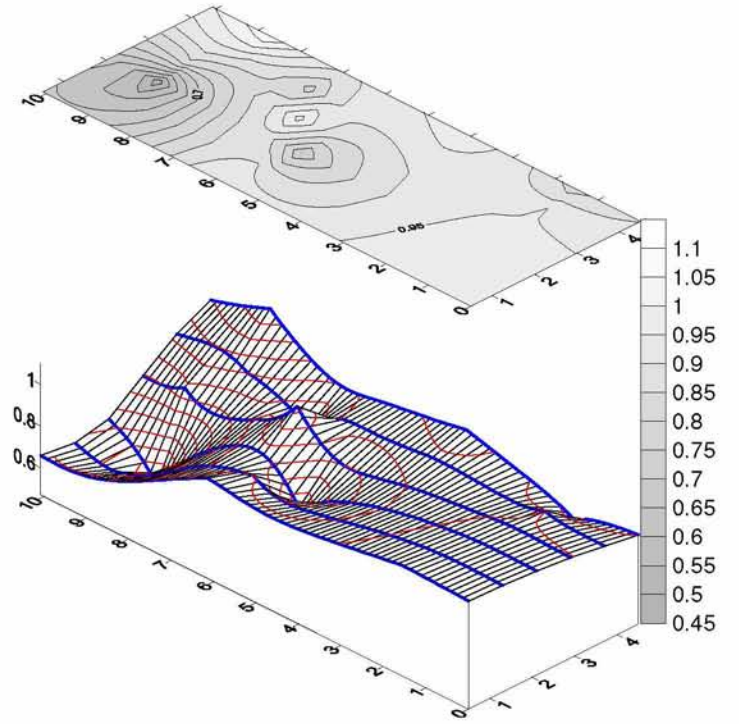


ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 2/8/2006

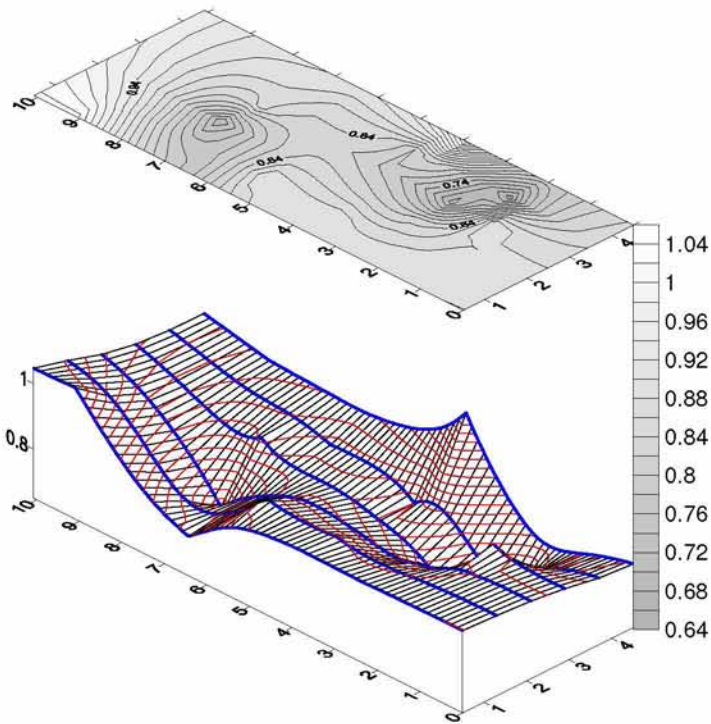
M4



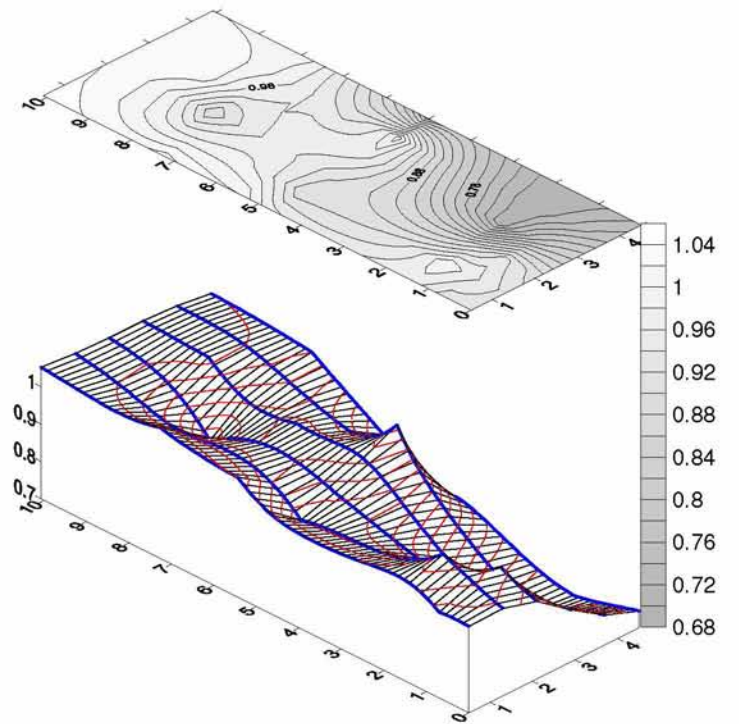
M5



M10

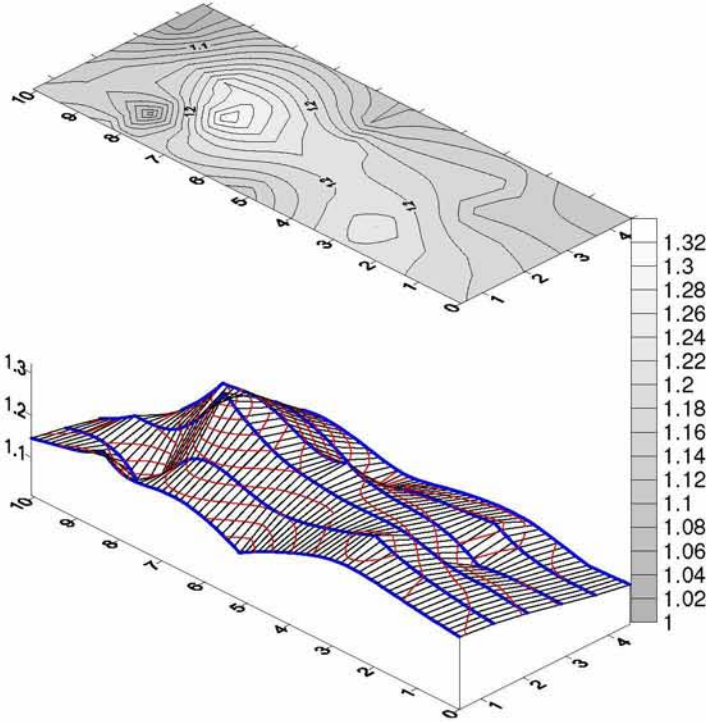


M14

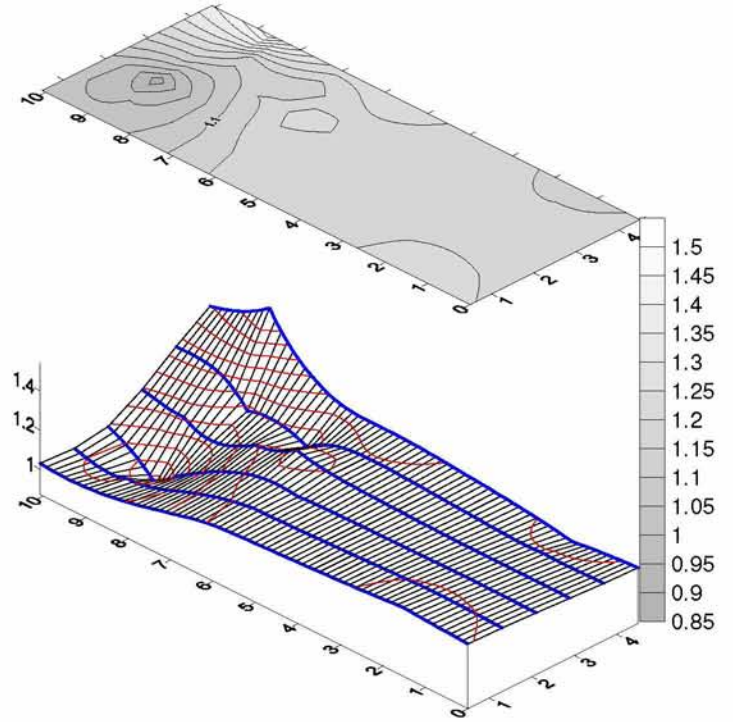


ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 6/9/2006

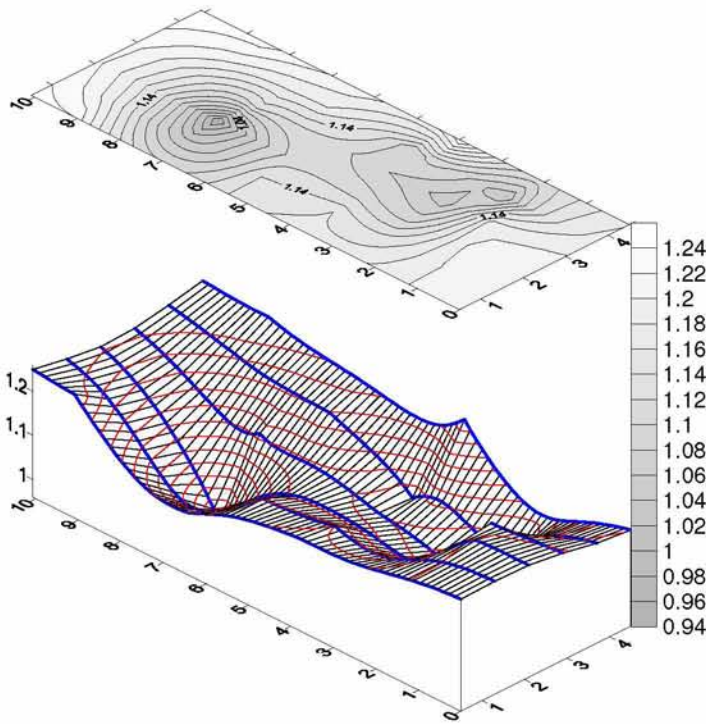
M4



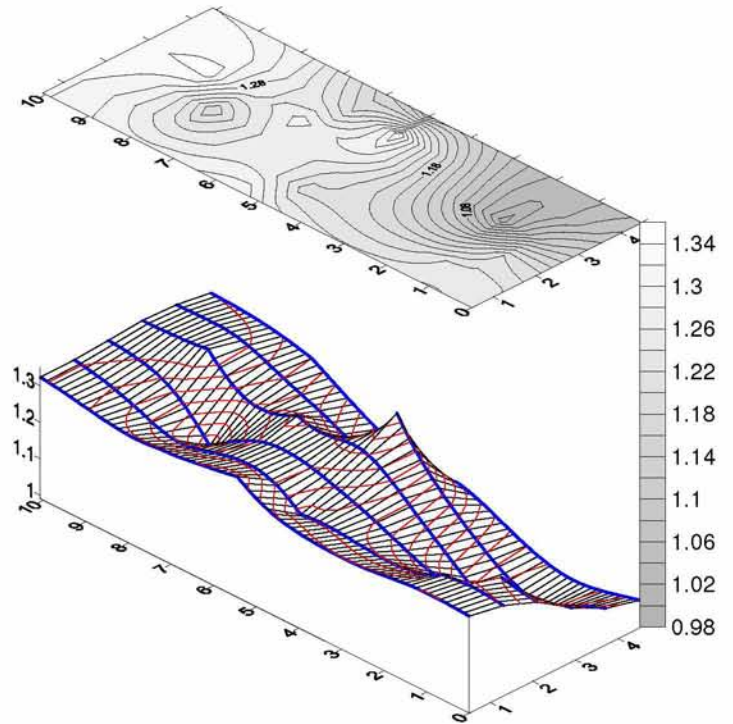
M5



M10

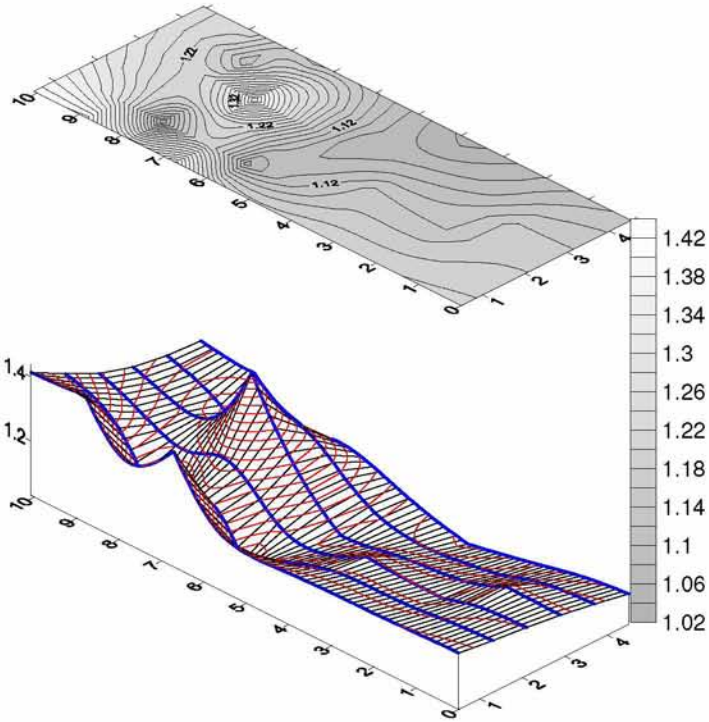


M14

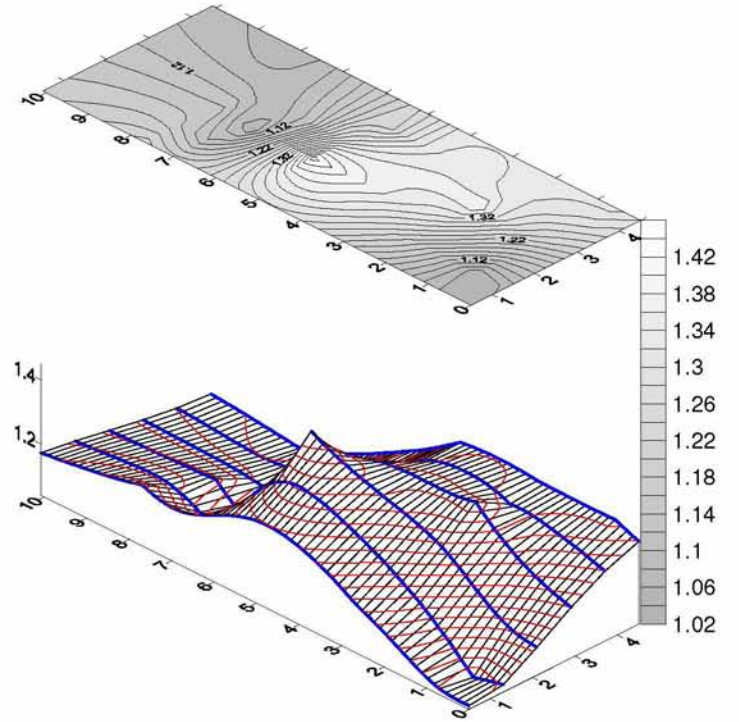


ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ 2/8/2007

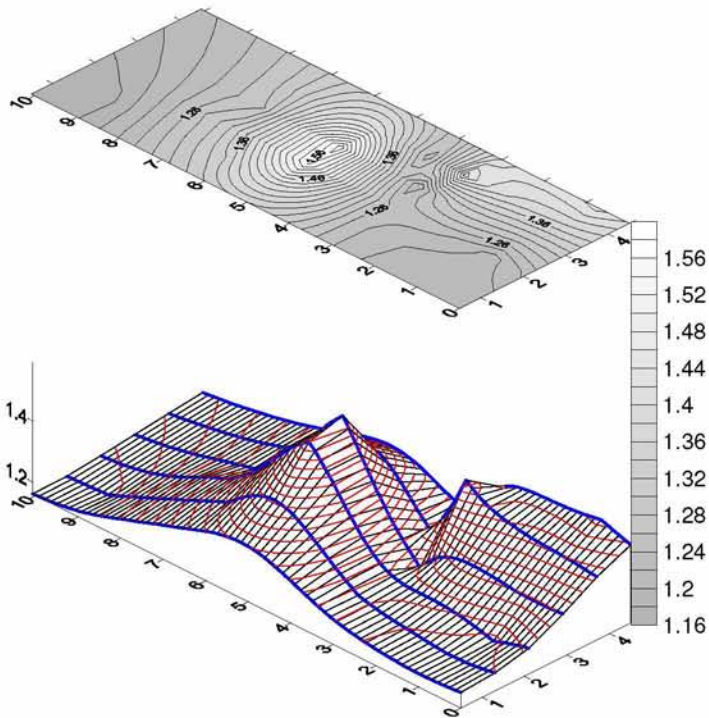
Υ1



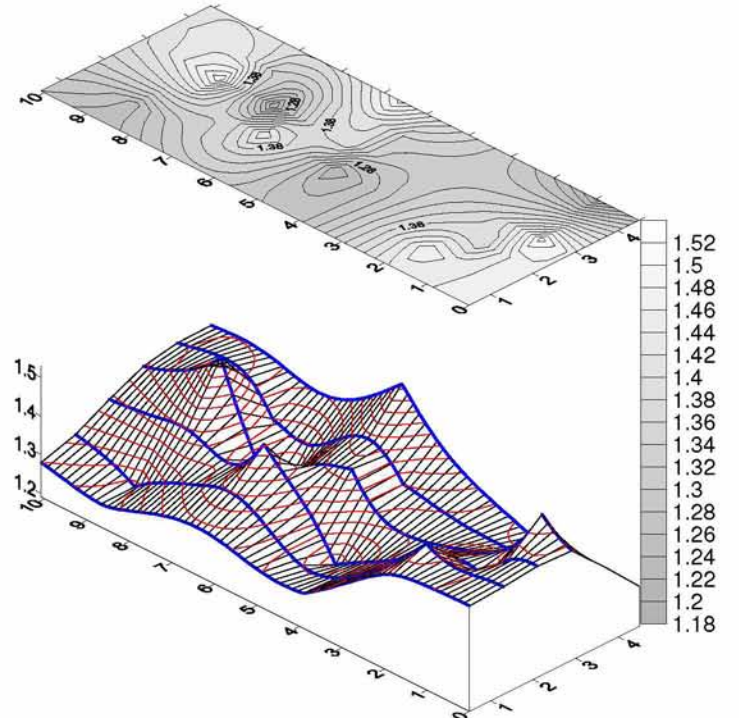
Υ6



Υ12

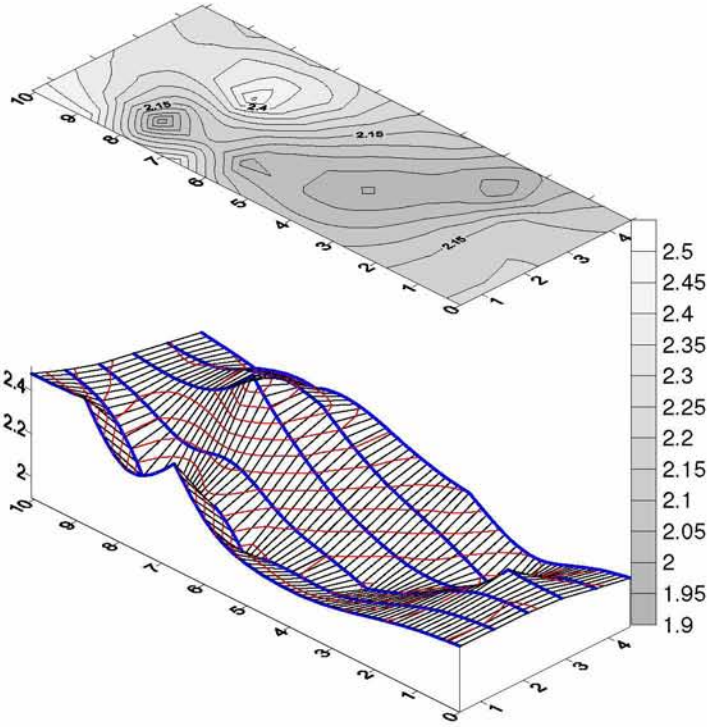


Υ15

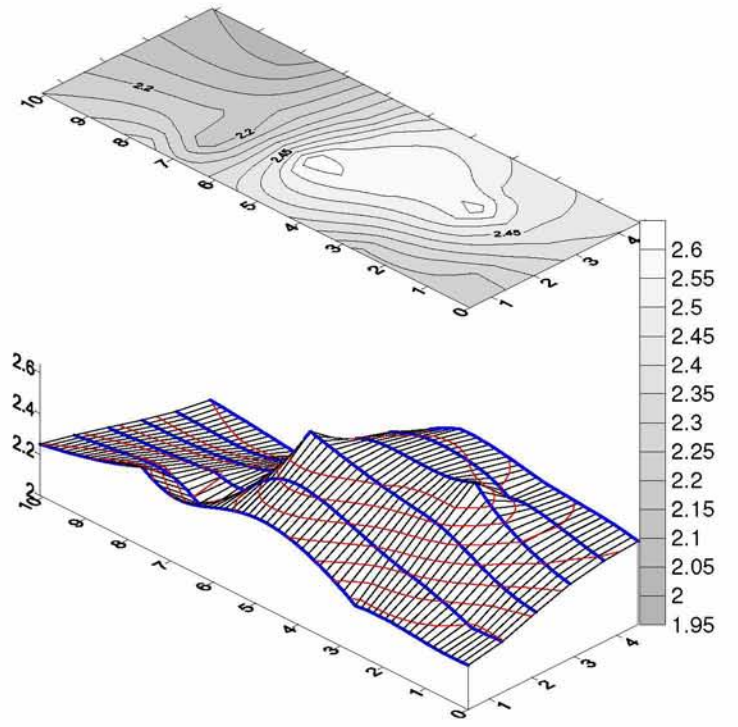


ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ 6/9/2007

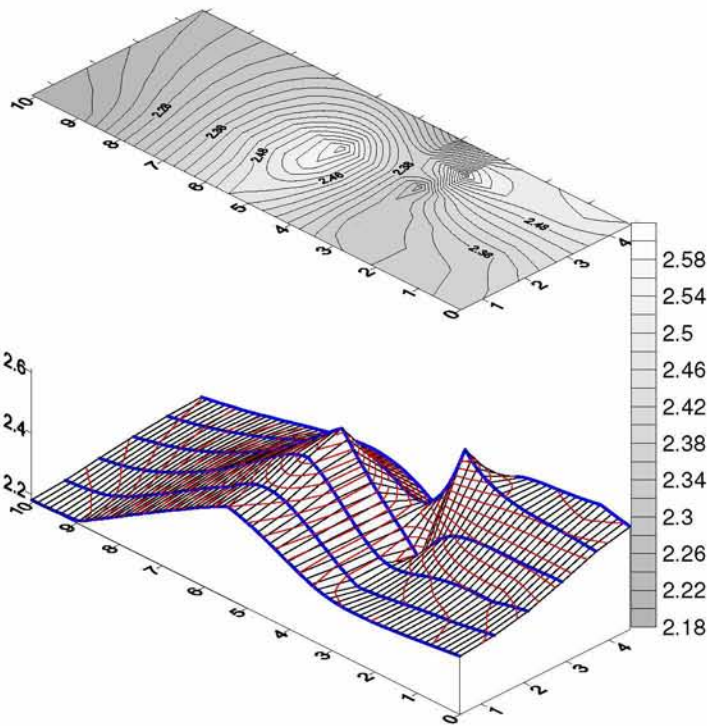
Υ1



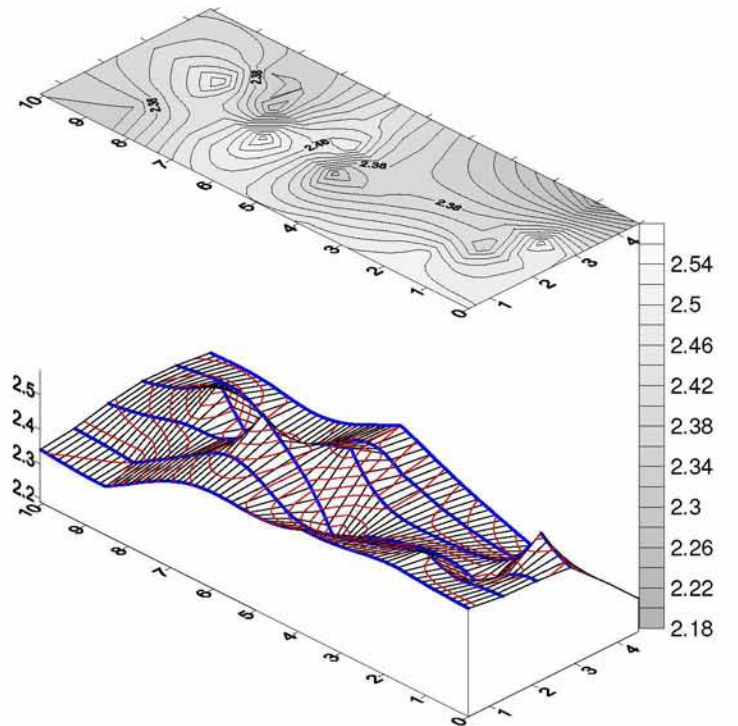
Υ6



Υ12

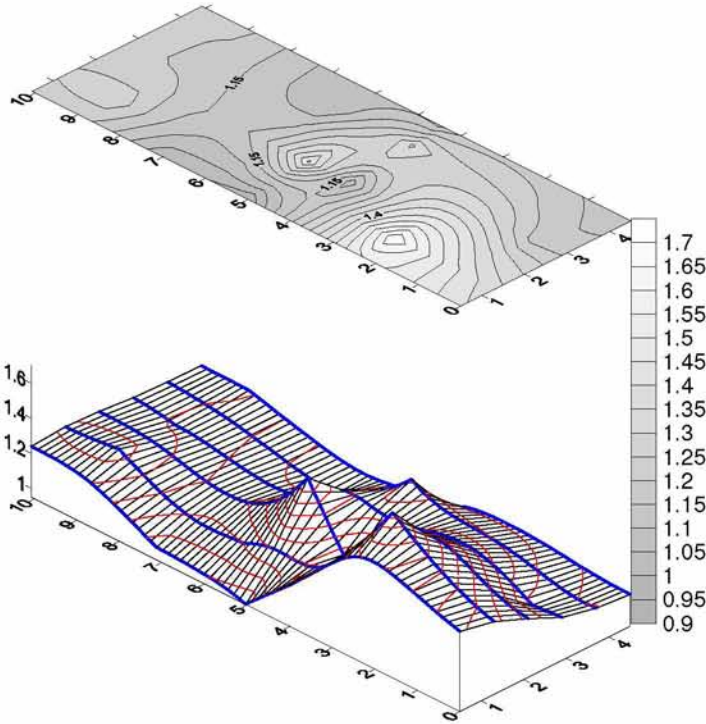


Υ15

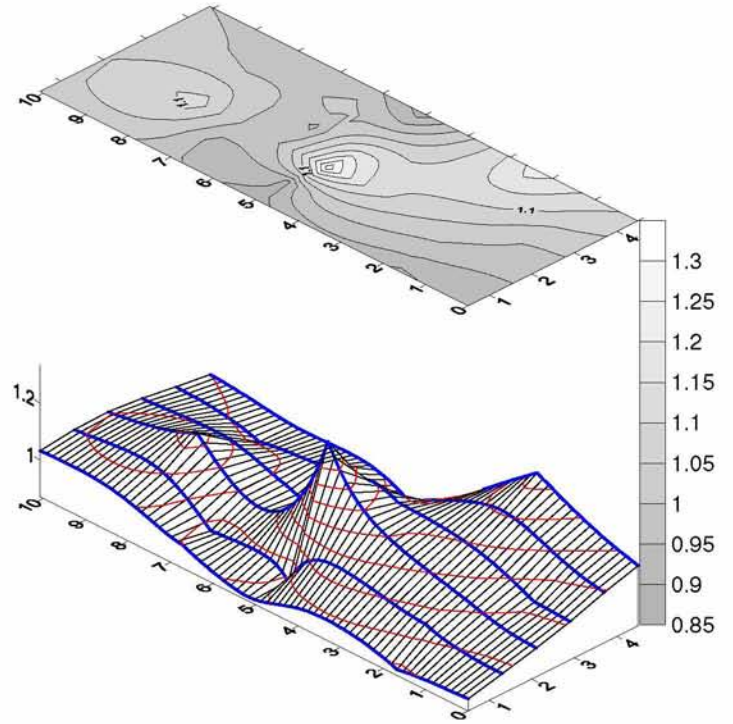


ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 2/8/2007

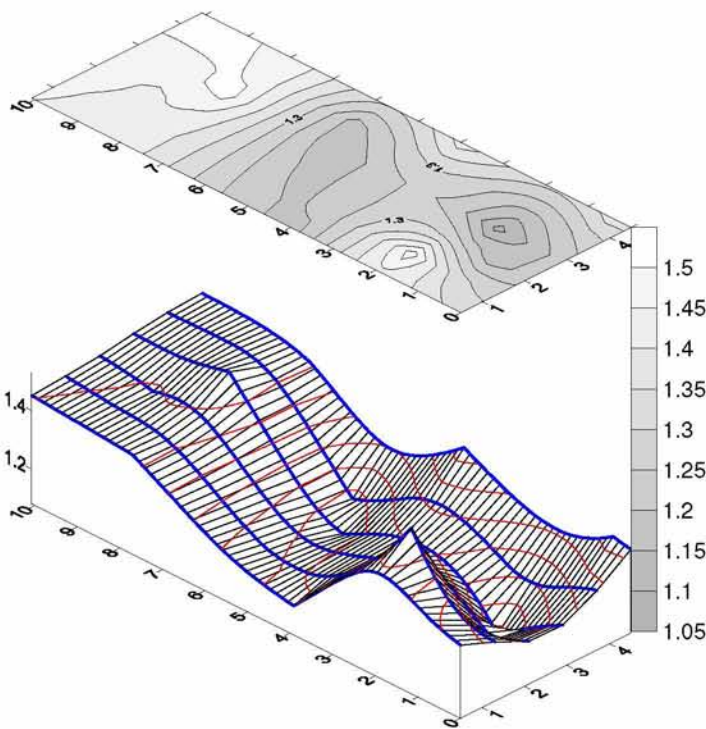
E3



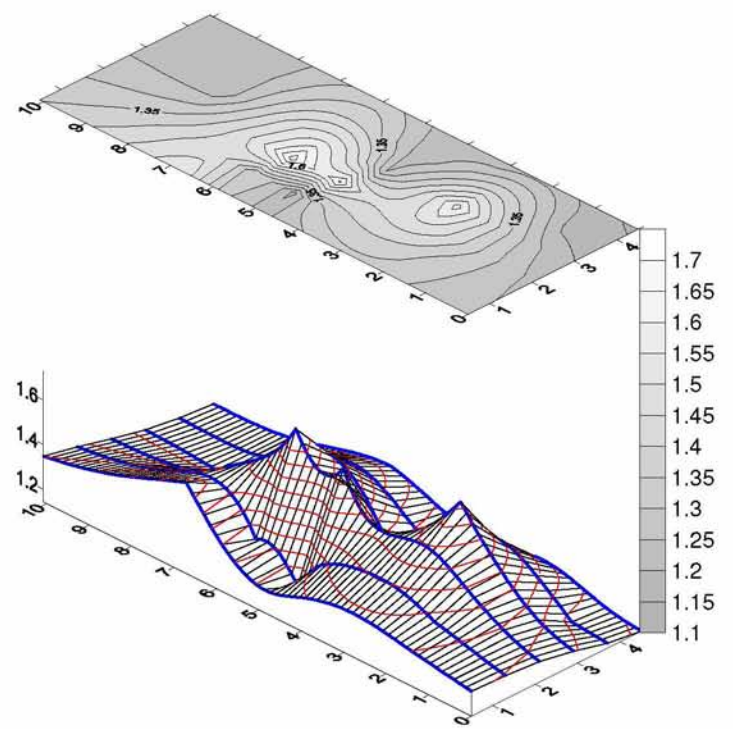
E7



E11

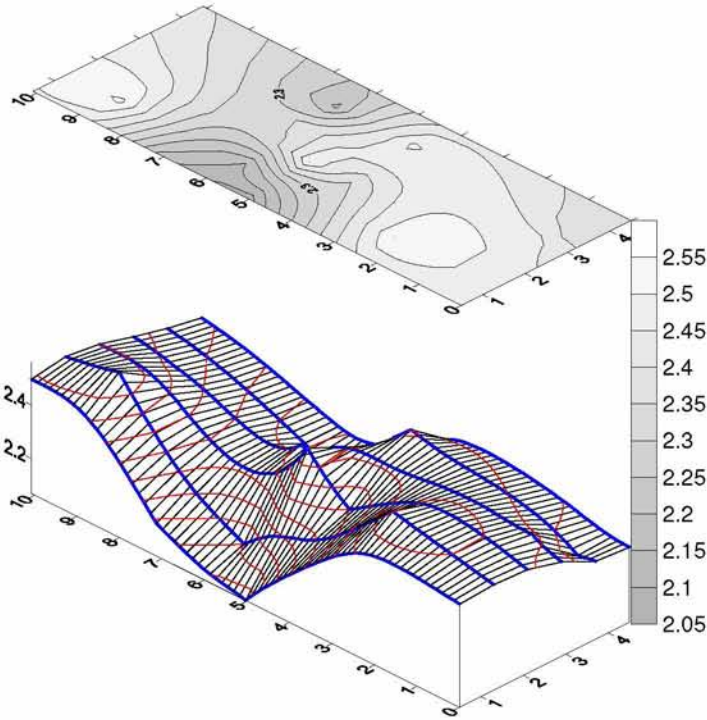


E13

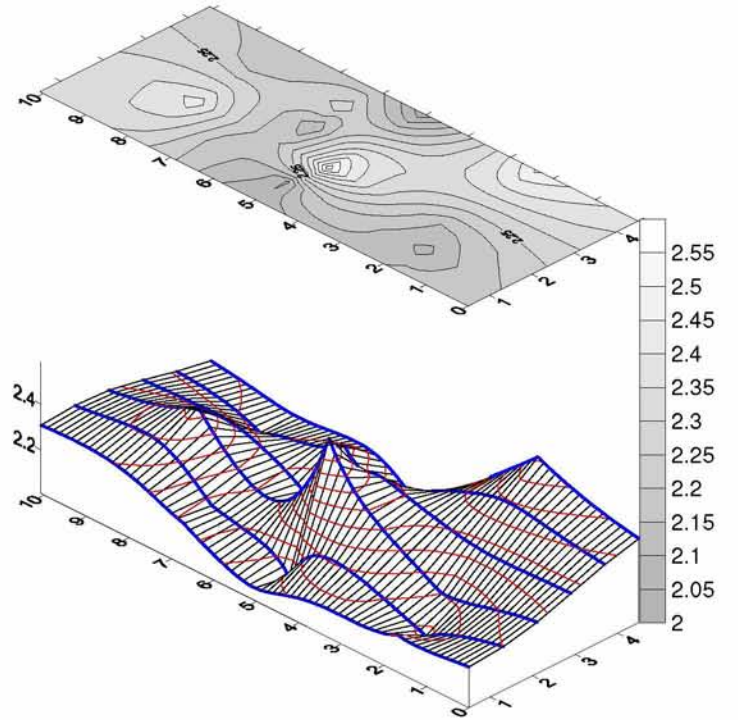


ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 6/9/2007

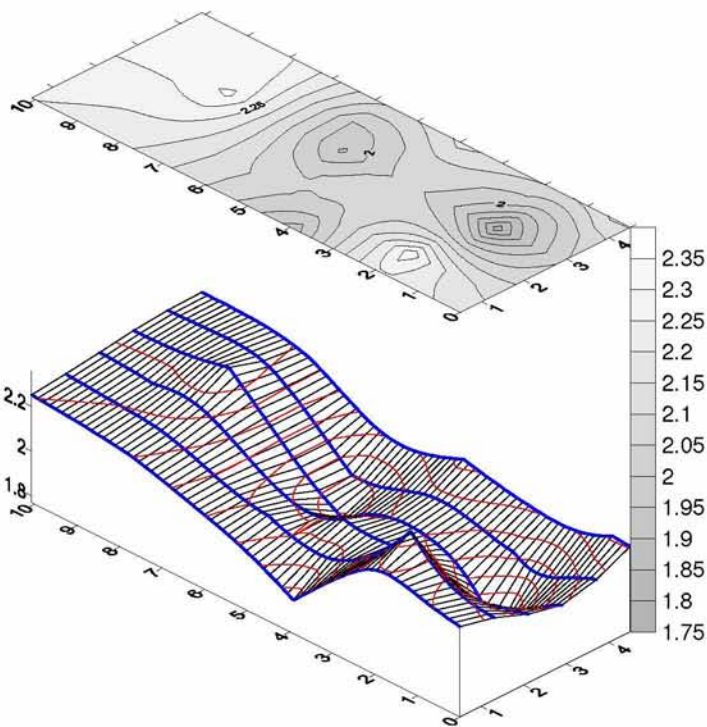
E3



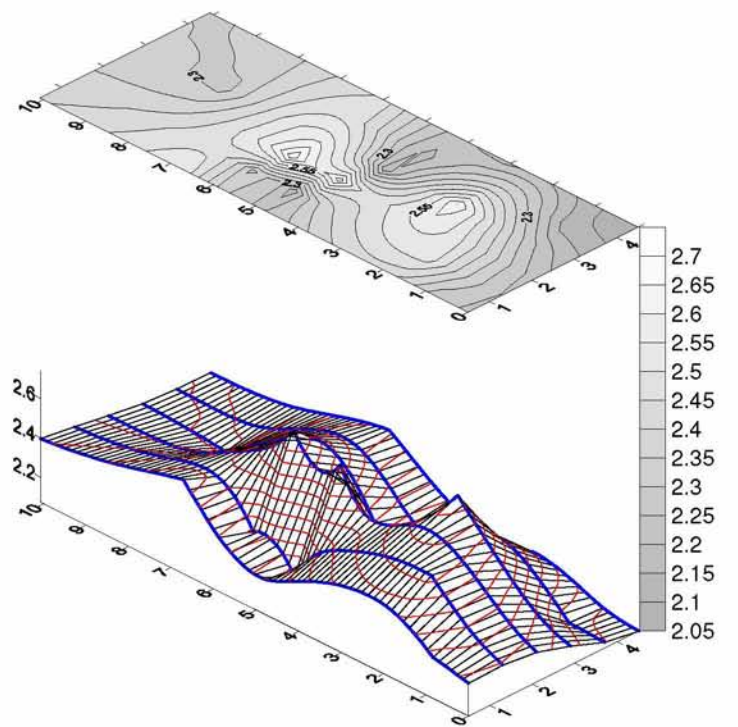
E7



E11

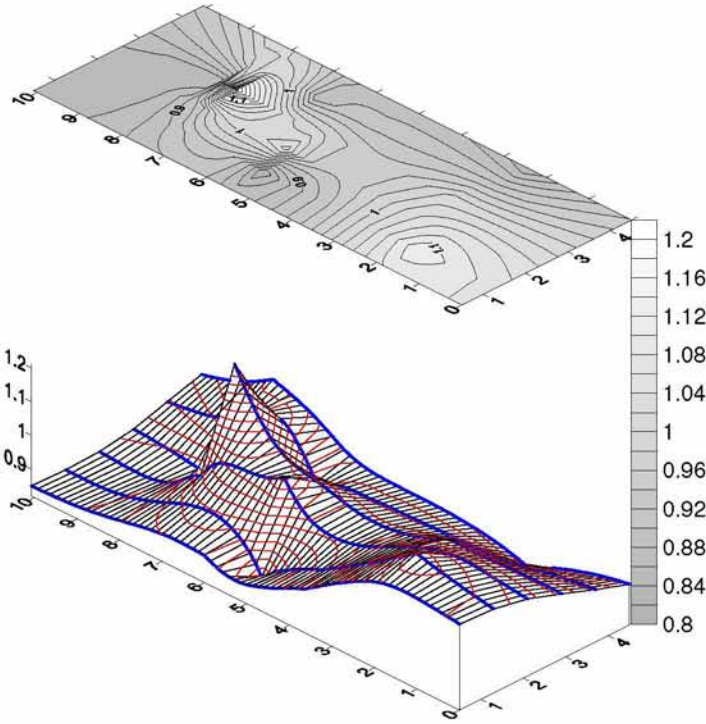


E13

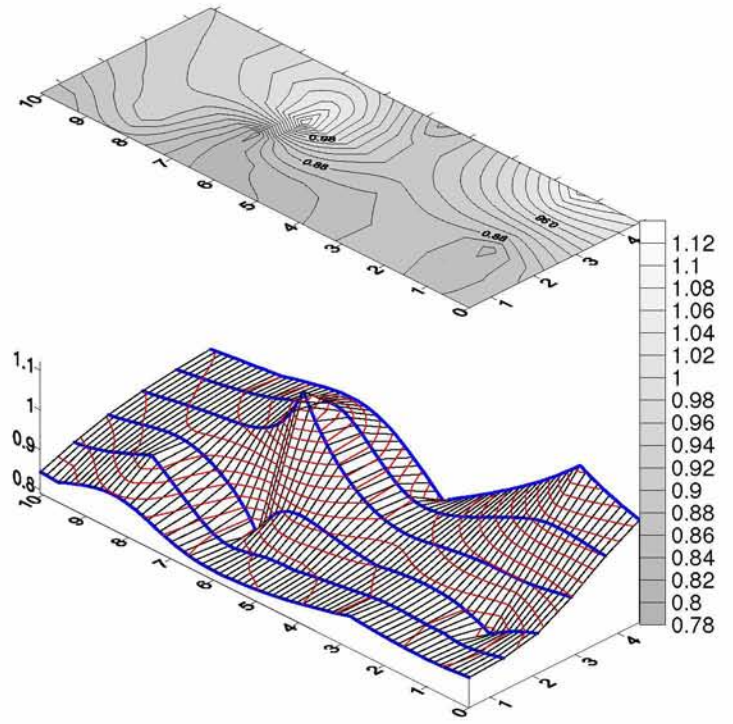


ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 2/8/2007

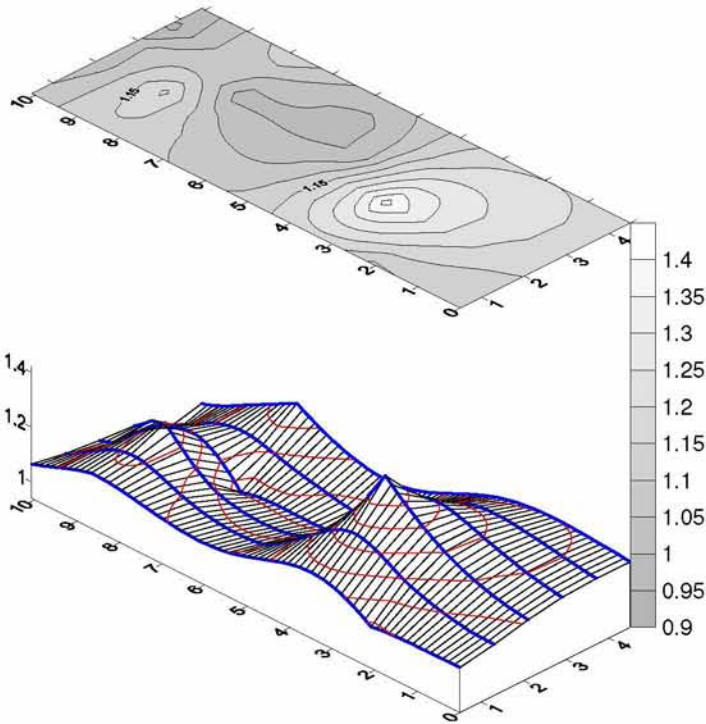
E2



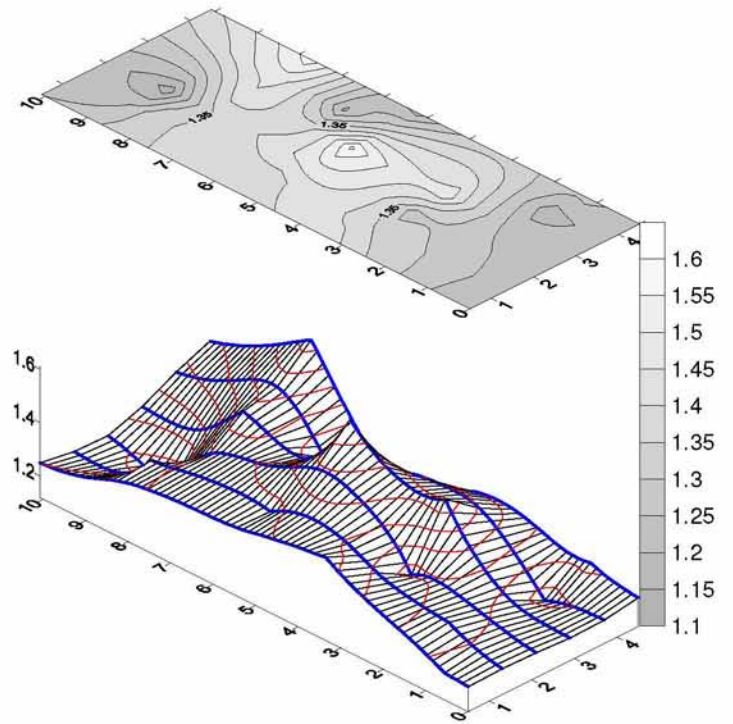
E8



E9

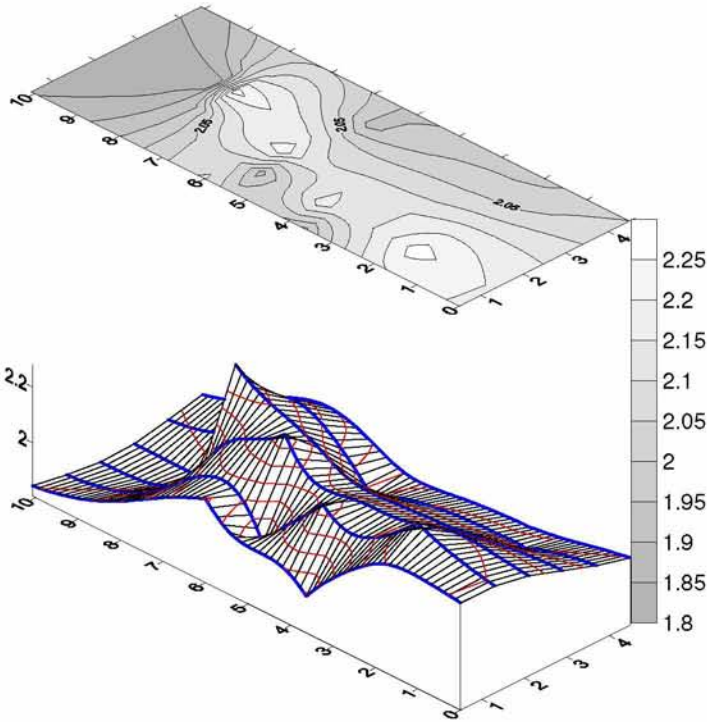


E16

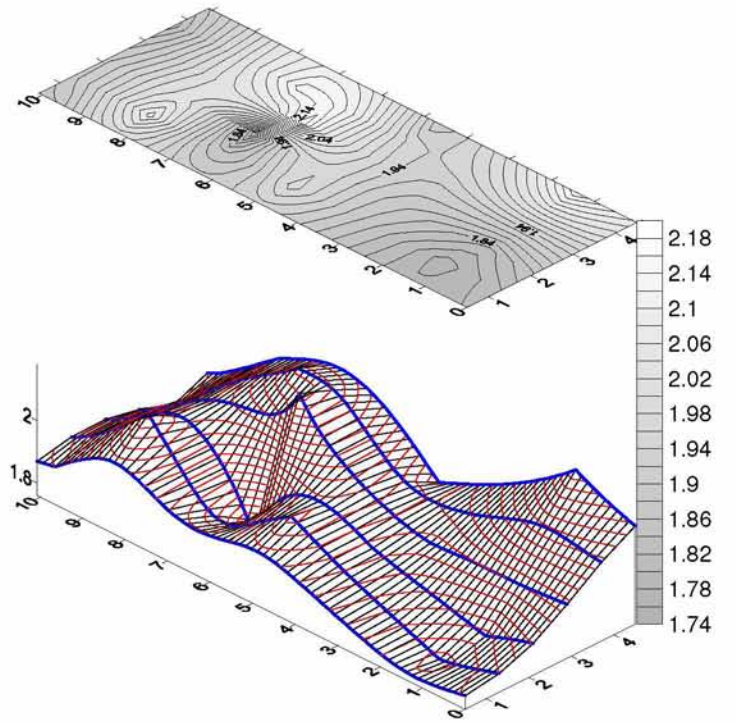


ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 6/9/2007

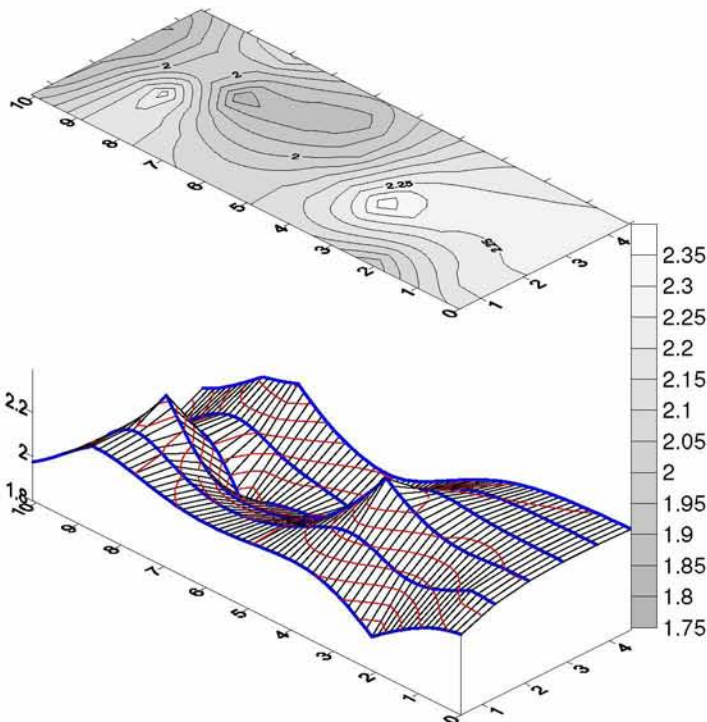
E2



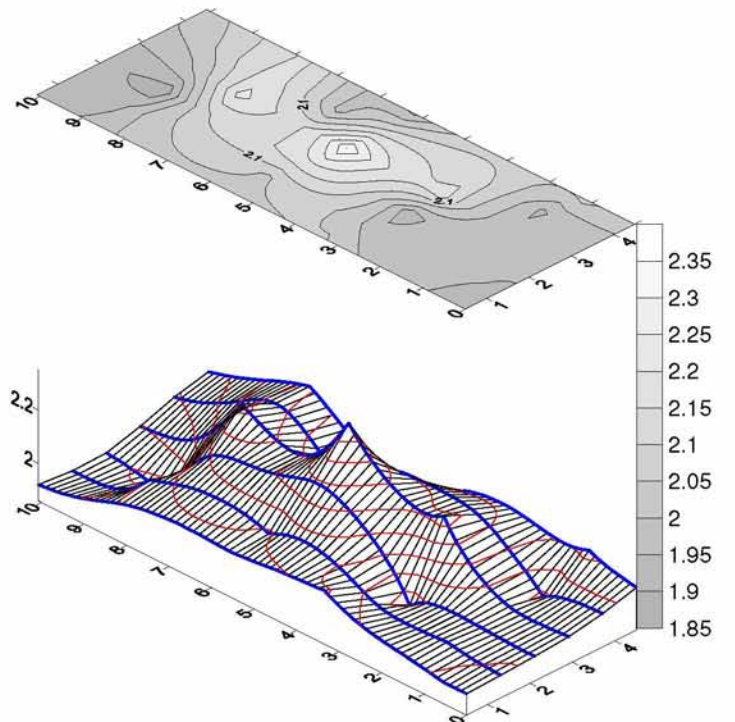
E8



E9

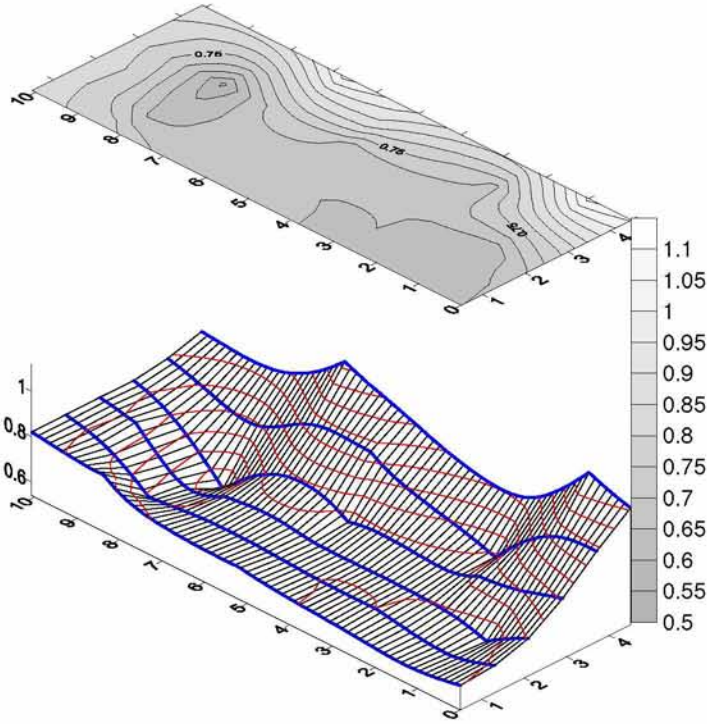


E16

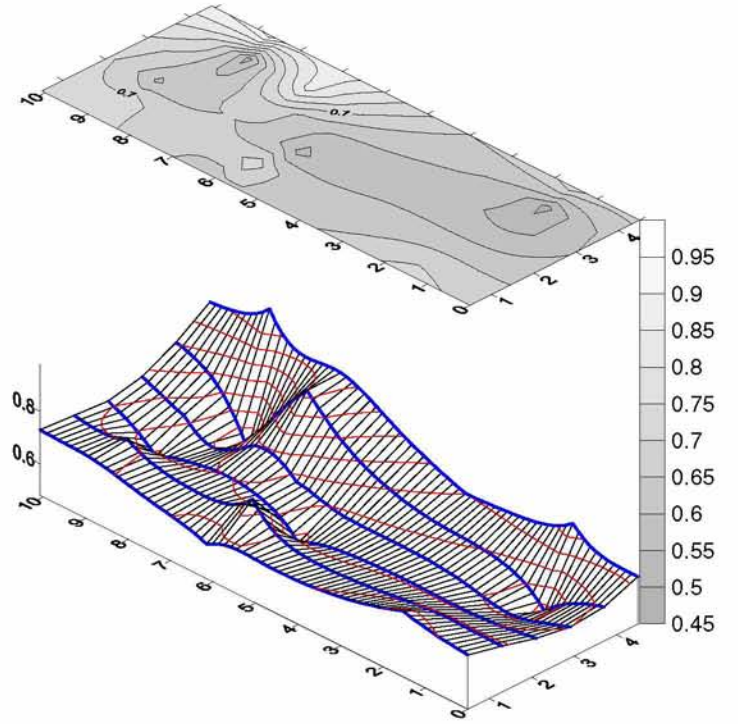


ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 2/8/2007

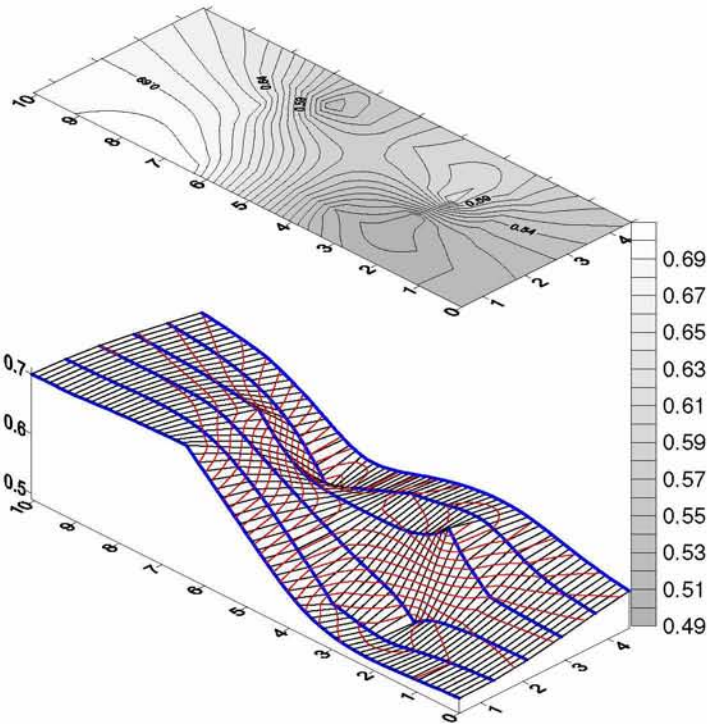
M4



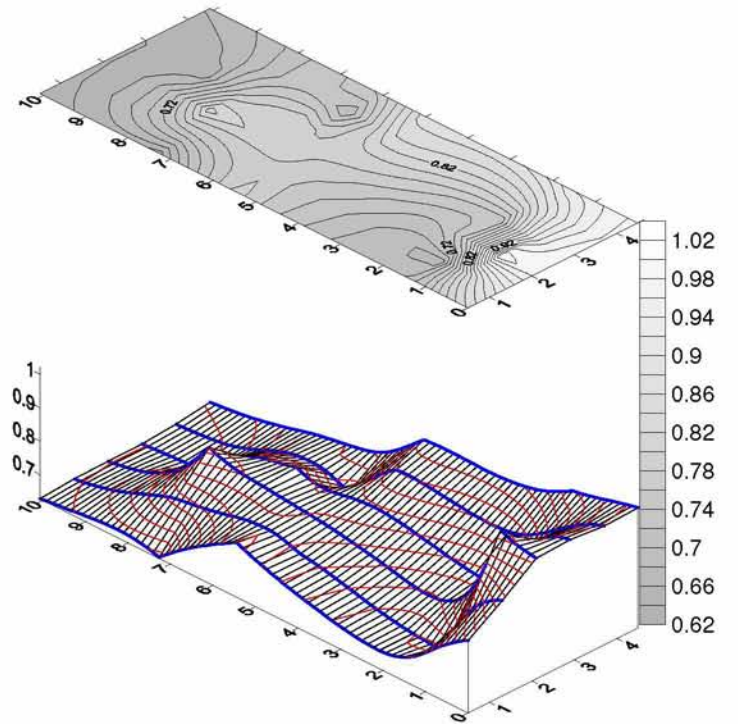
M5



M10

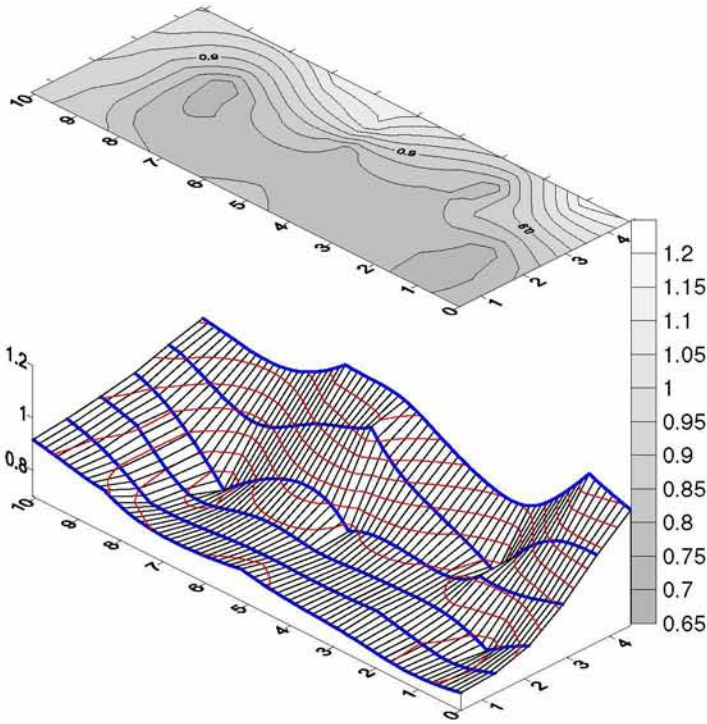


M14

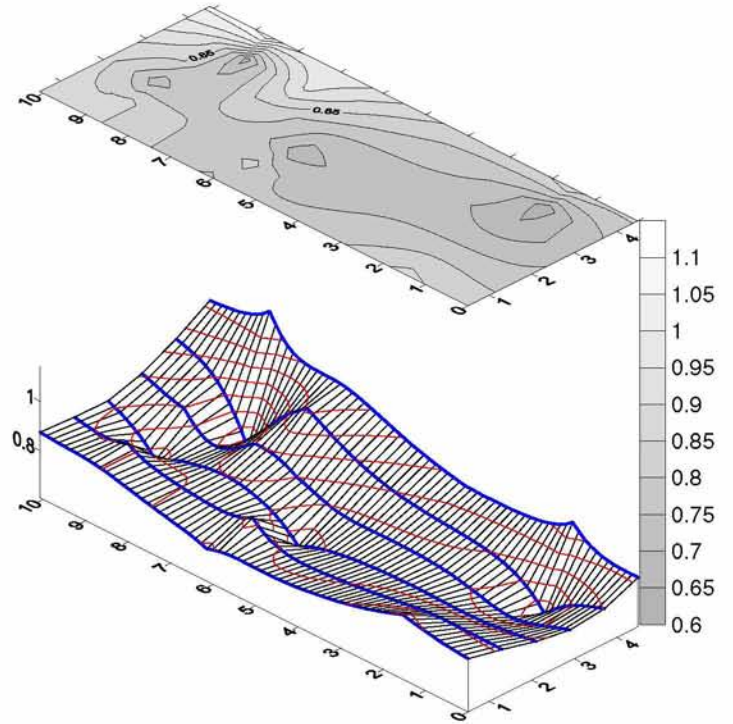


ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 6/9/2007

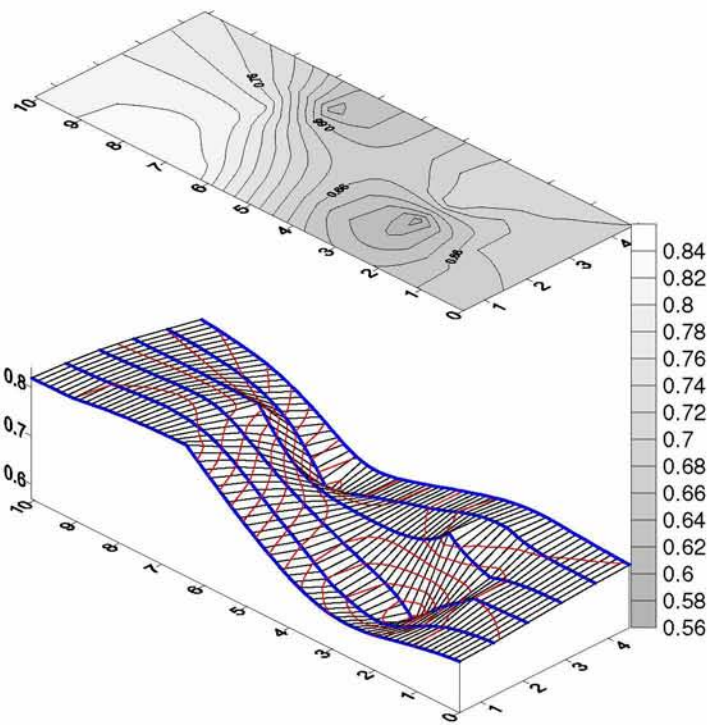
M4



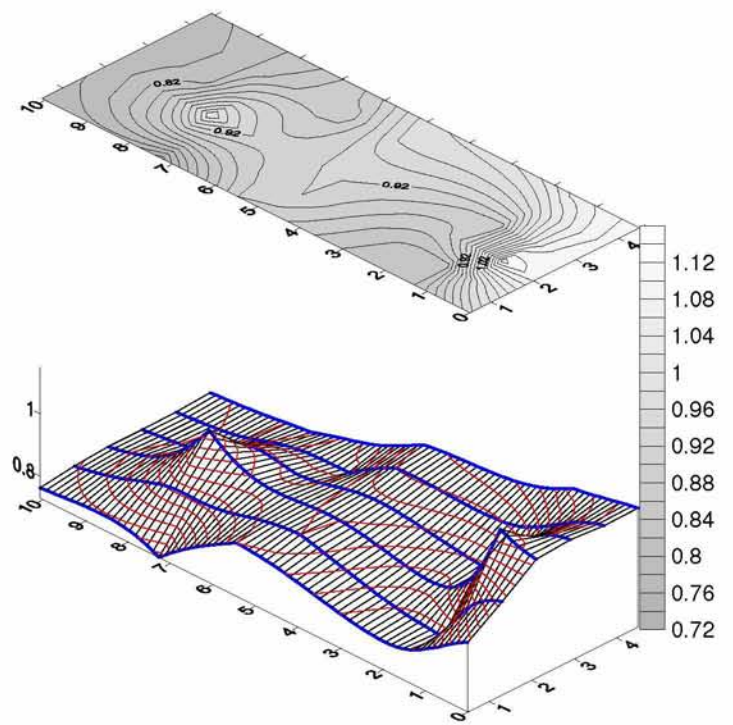
M5



M10



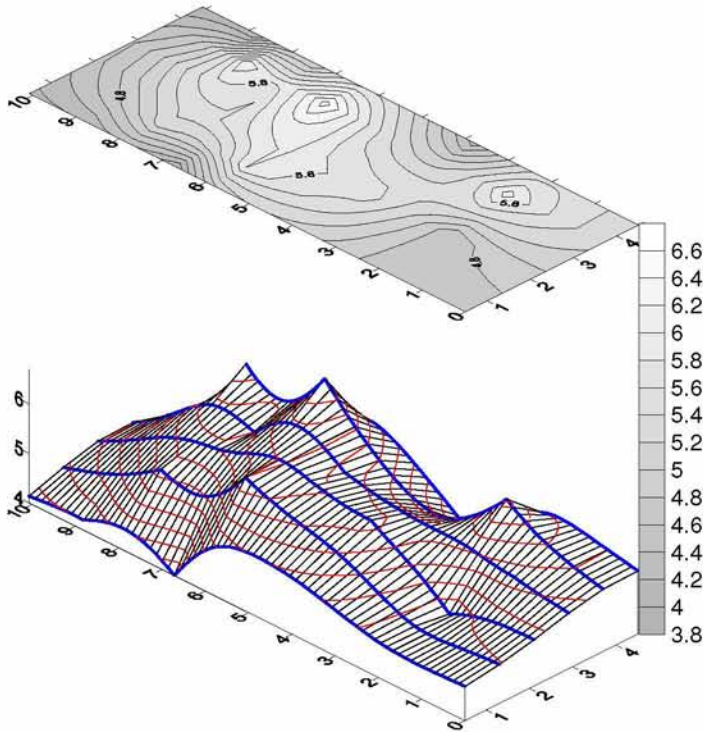
M14



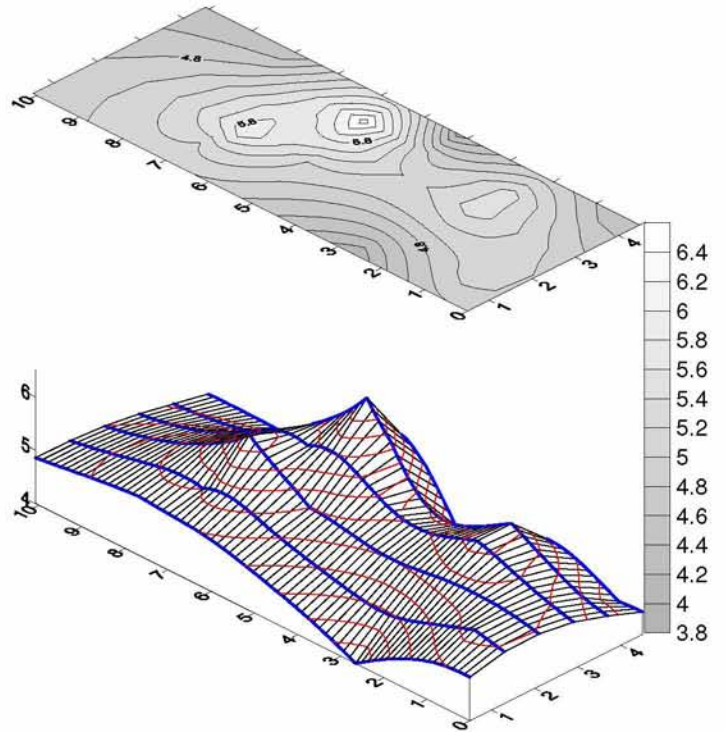
ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ – ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ 23/8/2005

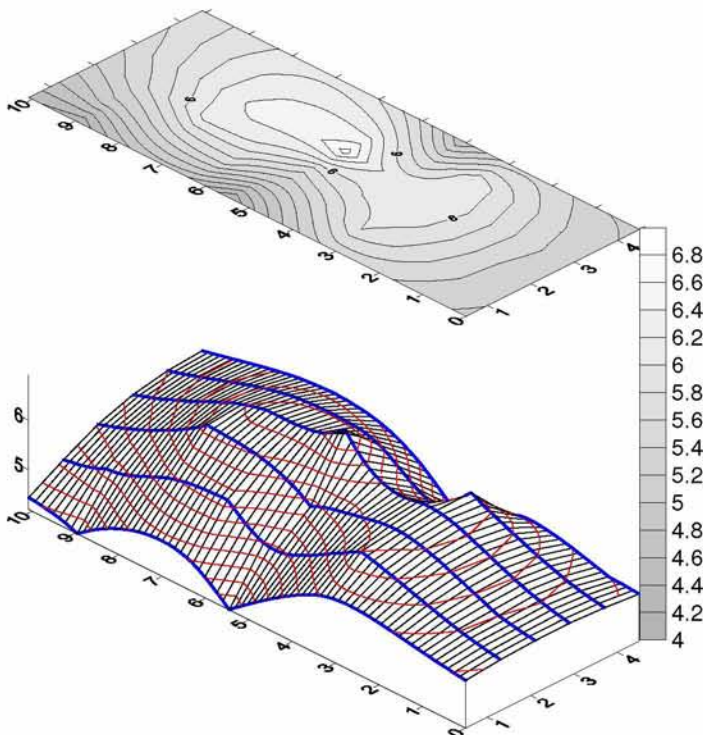
Υ1



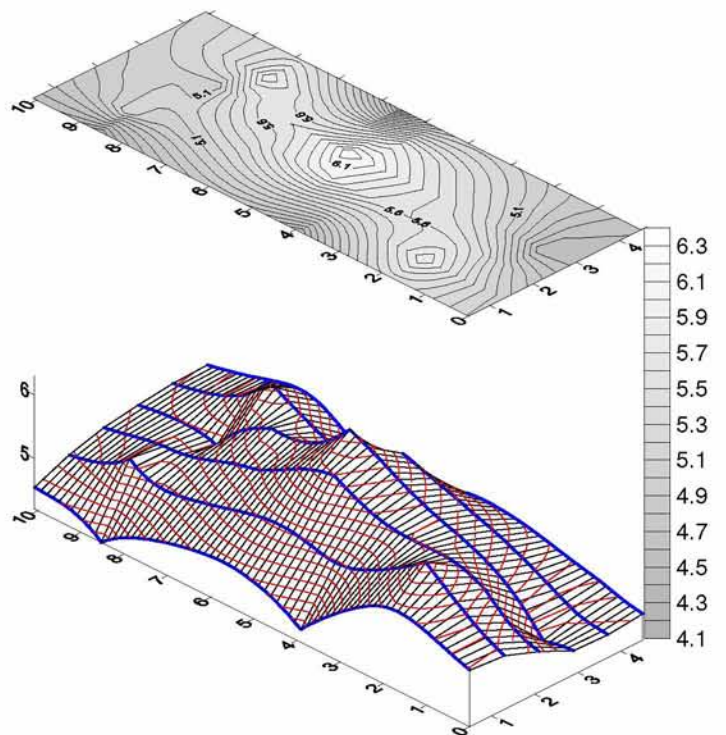
Υ6



Υ12



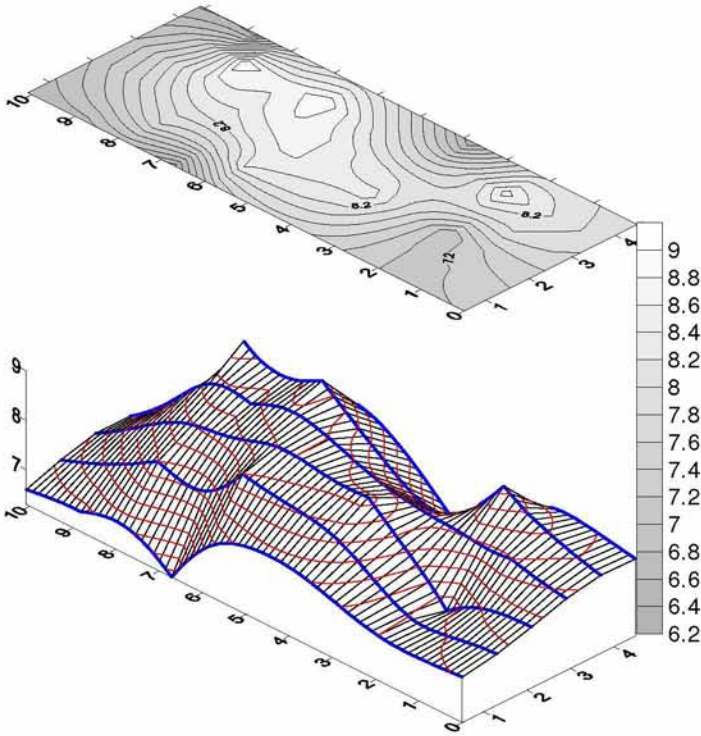
Υ15



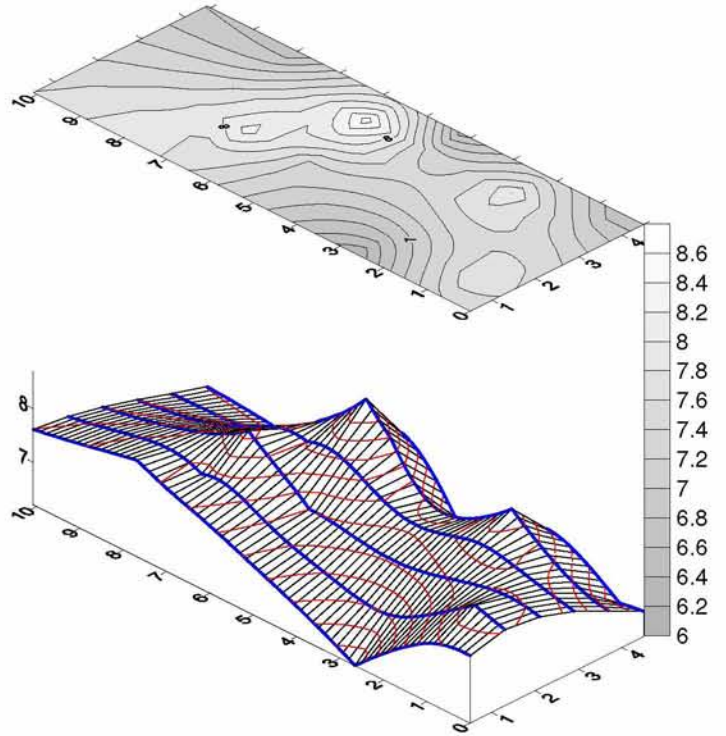
*Παρουσιάζονται στο παράρτημα ενδεικτικά οι δύο από τις συνολικά δέκαοκτώ μετρήσεις του δείκτη φυλλικής επιφάνειας για το σύνολο των μεταχειρίσεων και των ετών διεξαγωγής του πειράματος.

ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ 27/9/2005

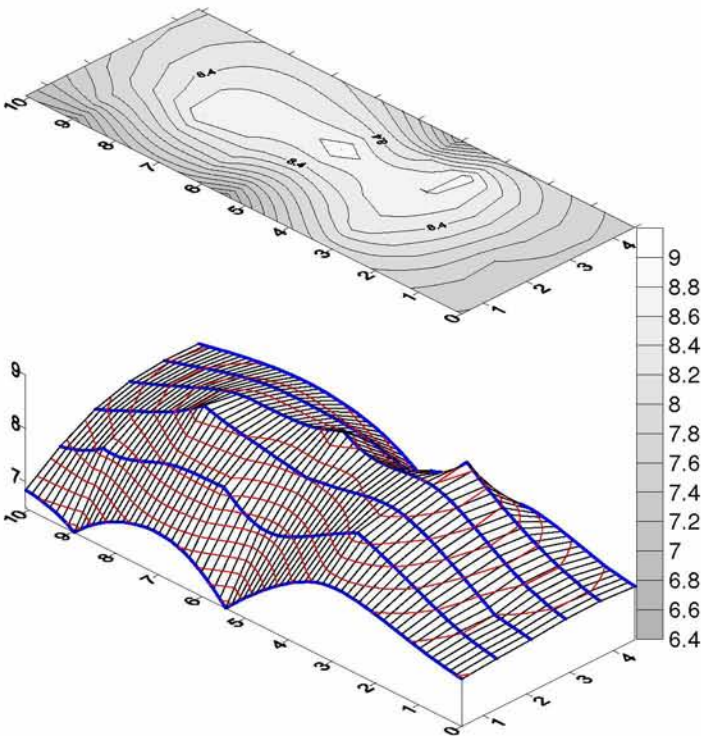
Υ1



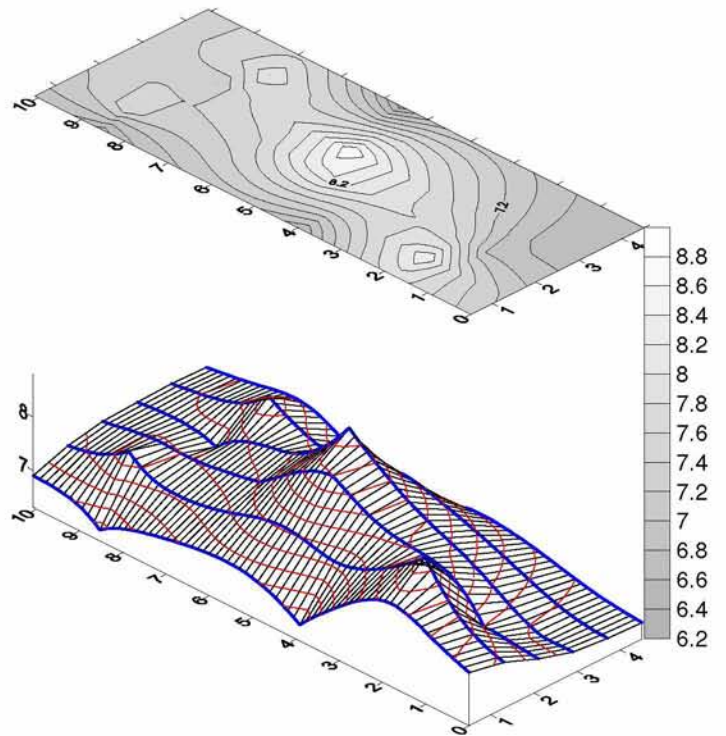
Υ6



Υ12

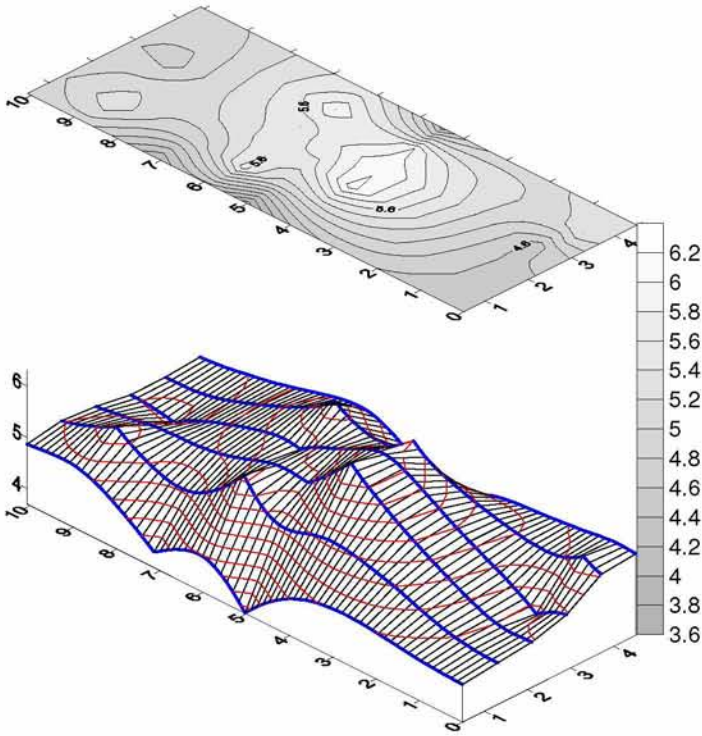


Υ15

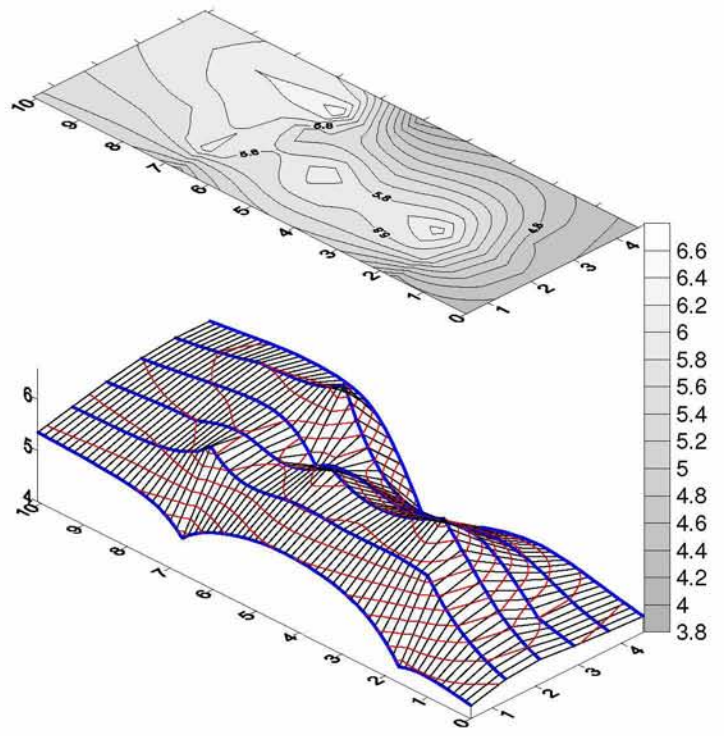


ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 23/8/2005

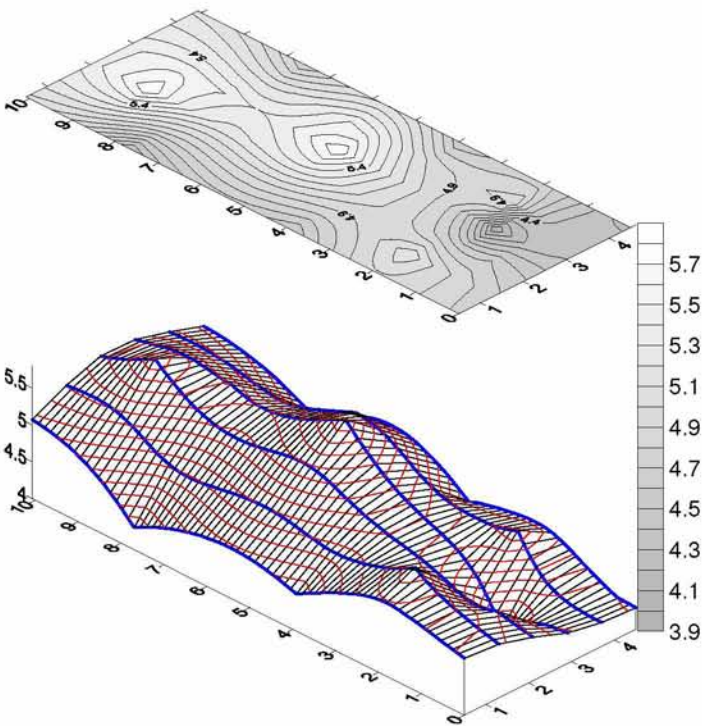
E3



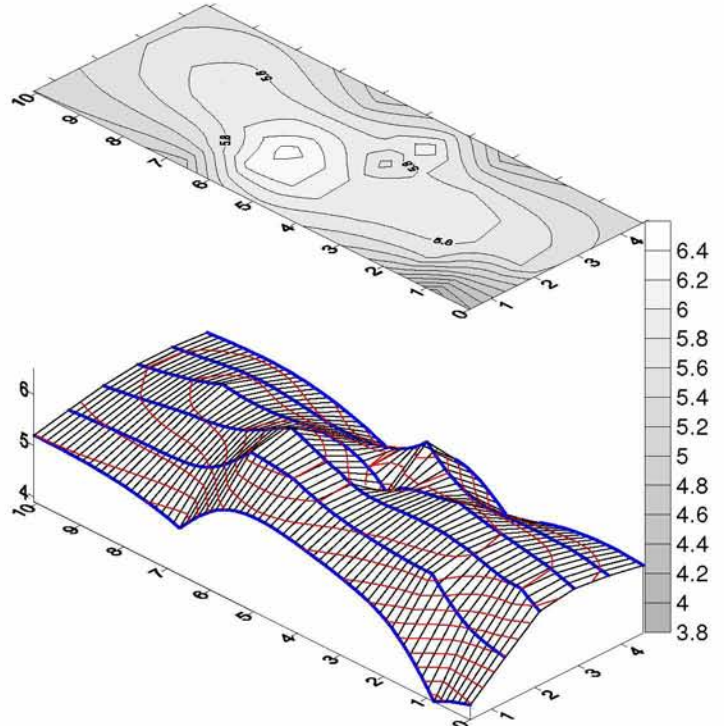
E7



E11

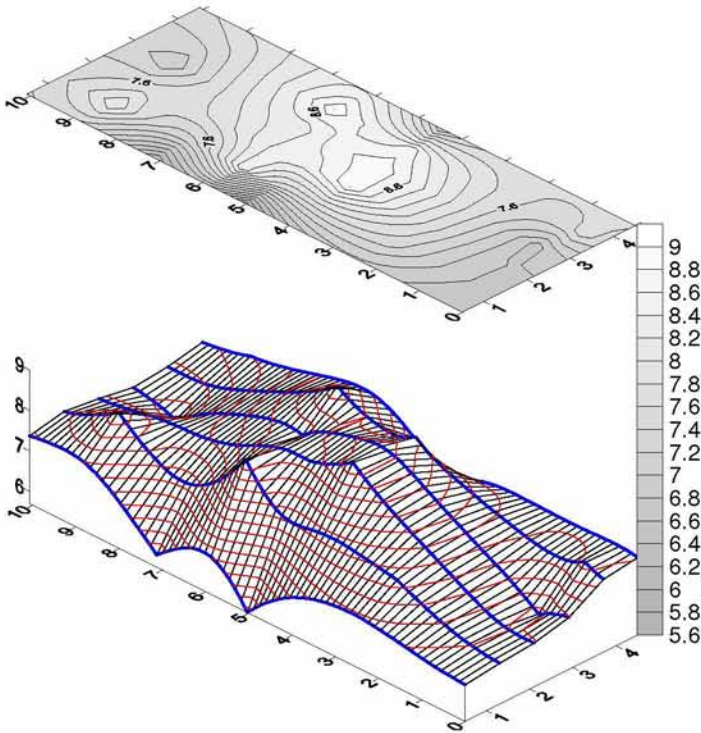


E13

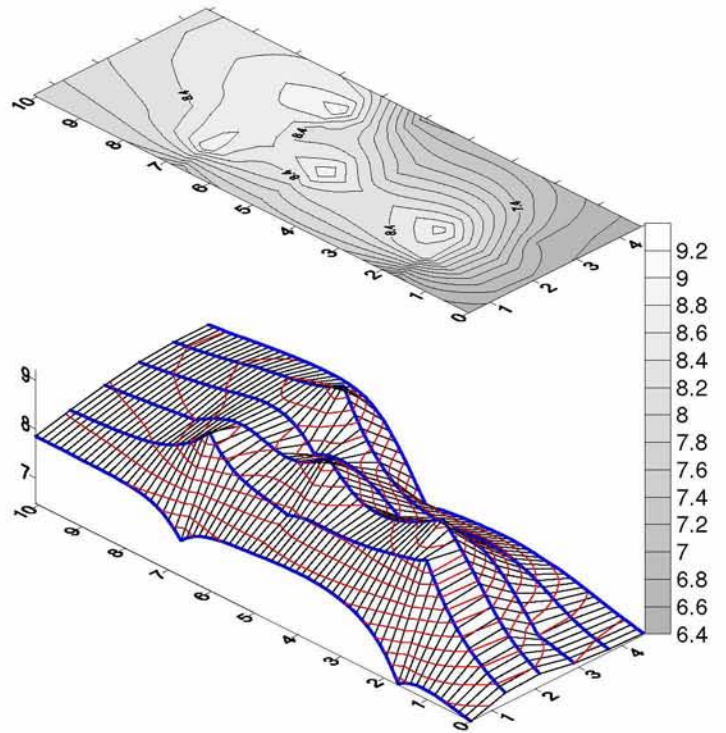


ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 27/9/2005

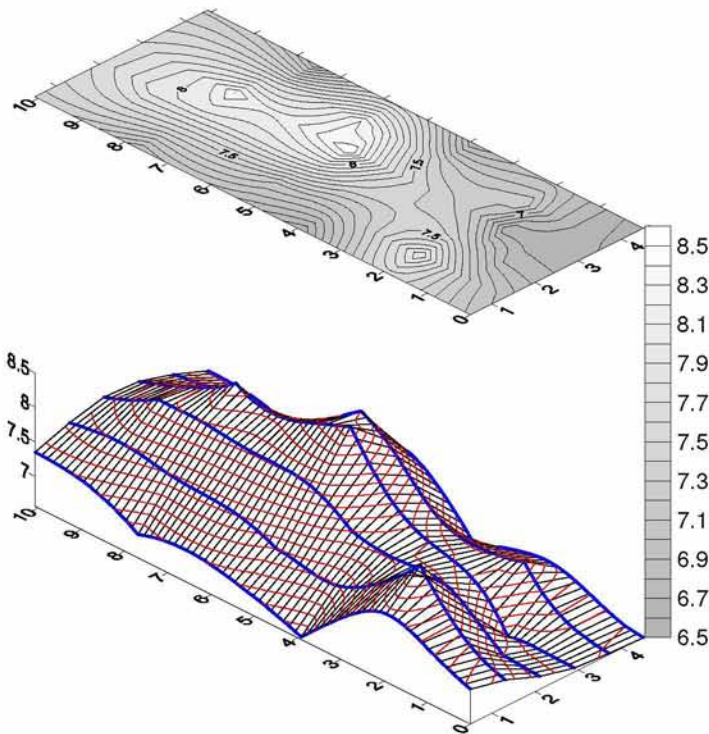
E3



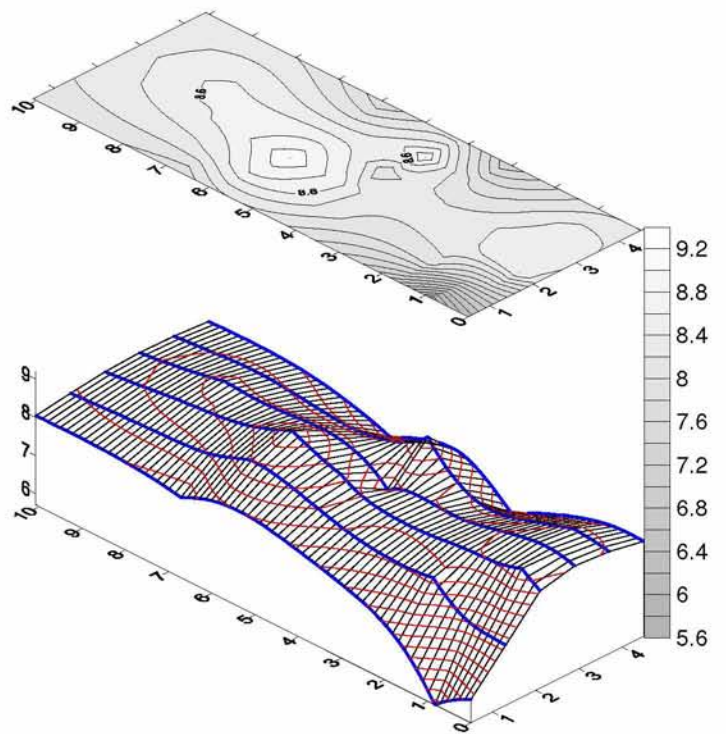
E7



E11

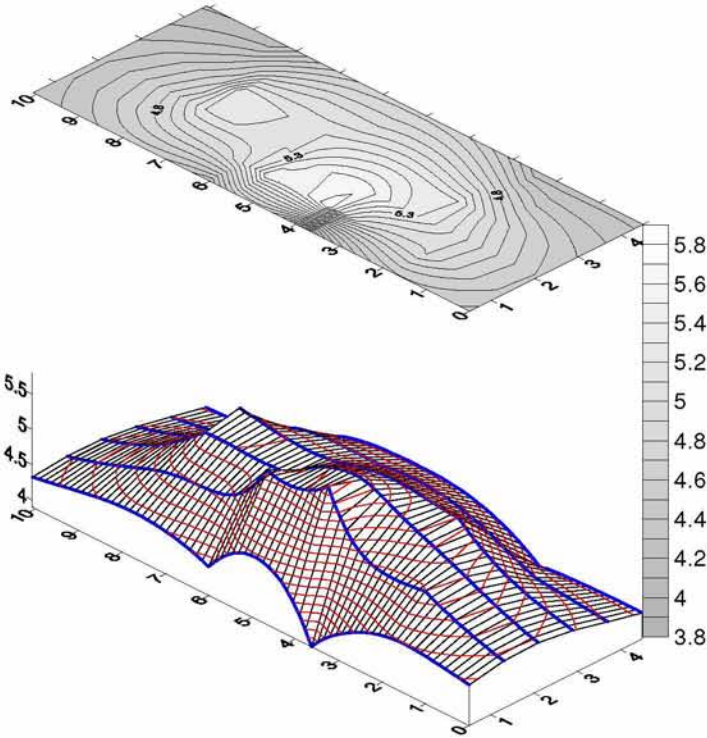


E13

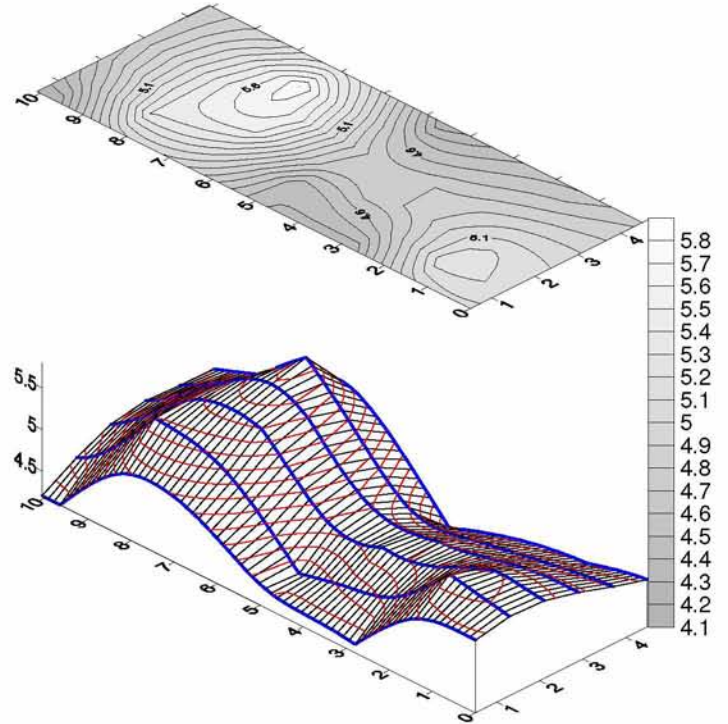


ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 23/8/2005

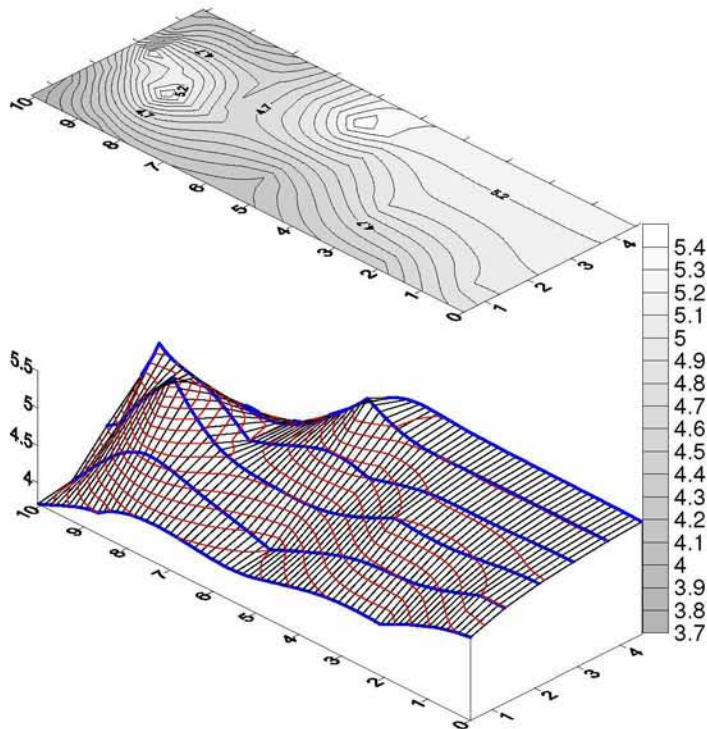
E2



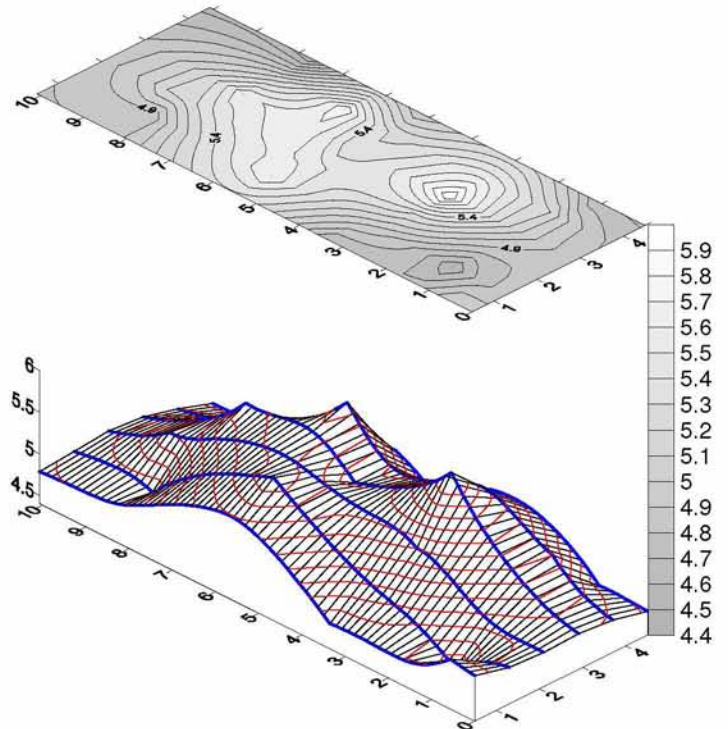
E8



E9

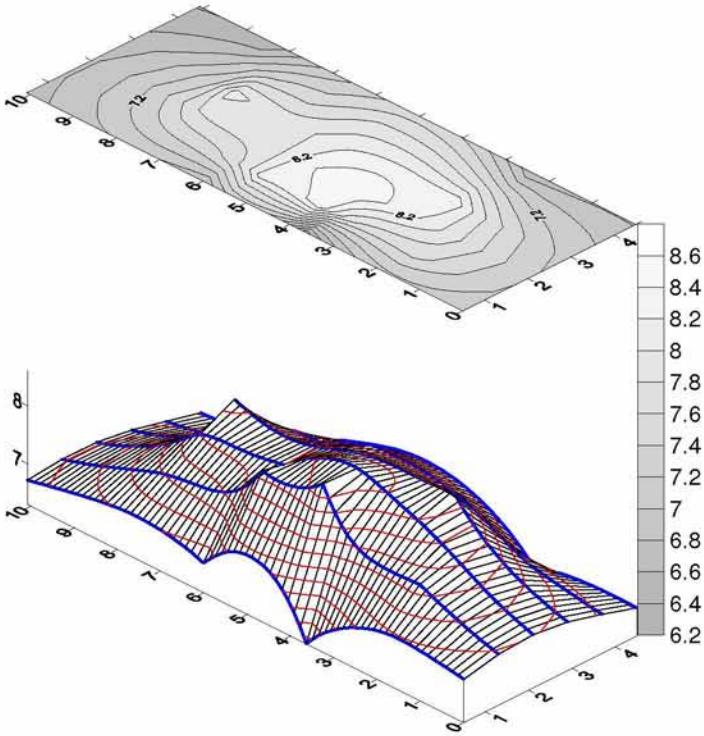


E16

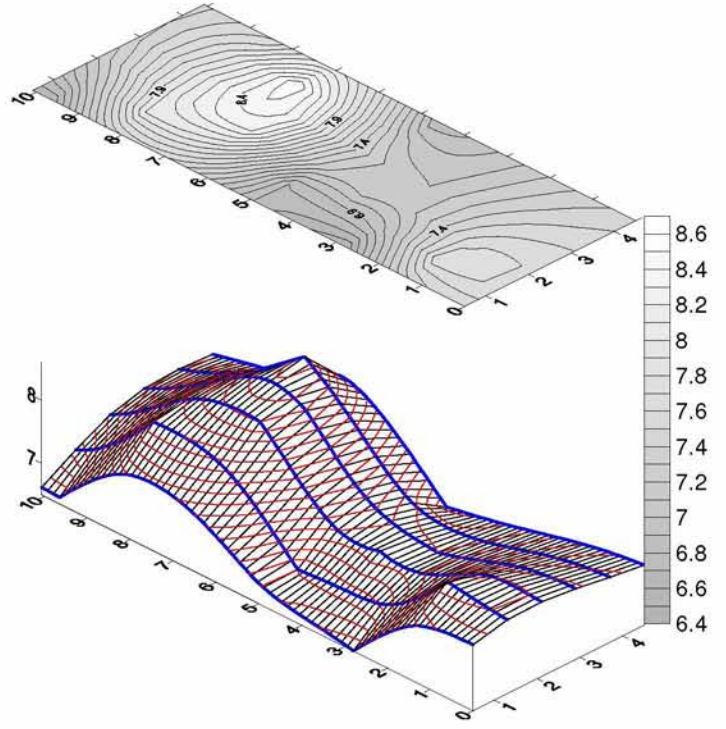


ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 27/9/2005

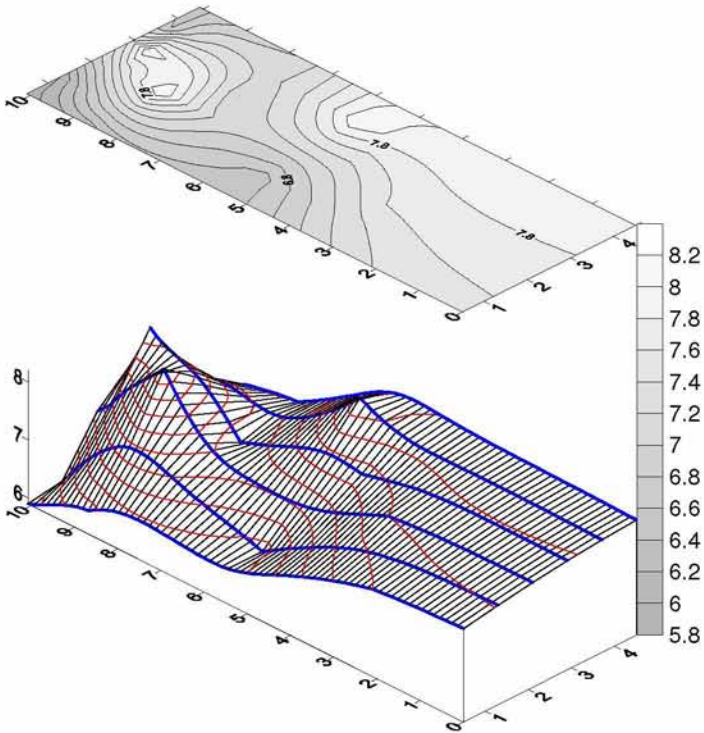
E2



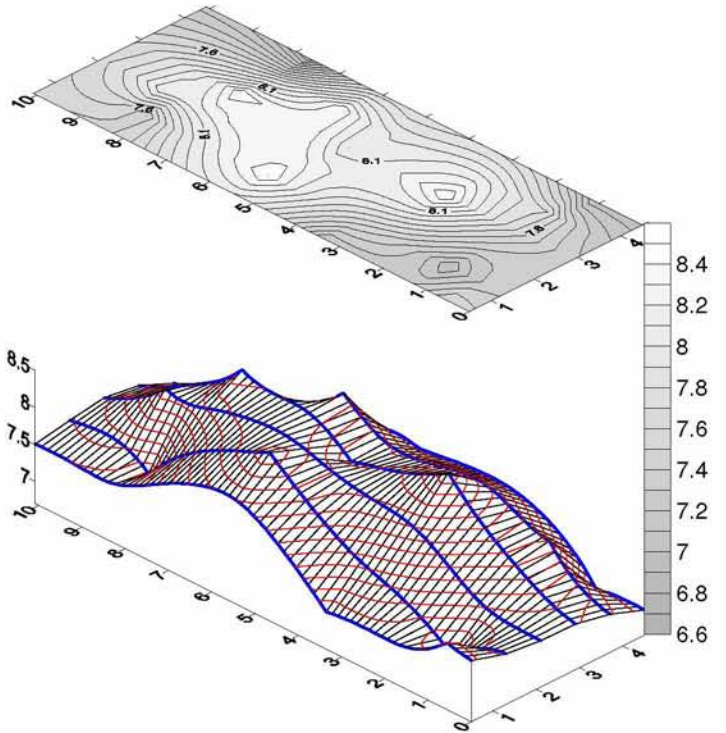
E8



E9

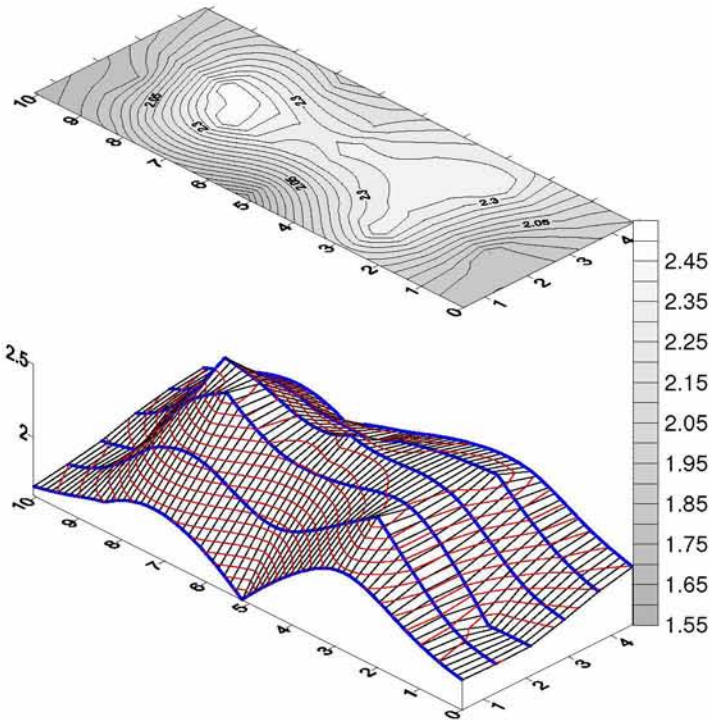


E16

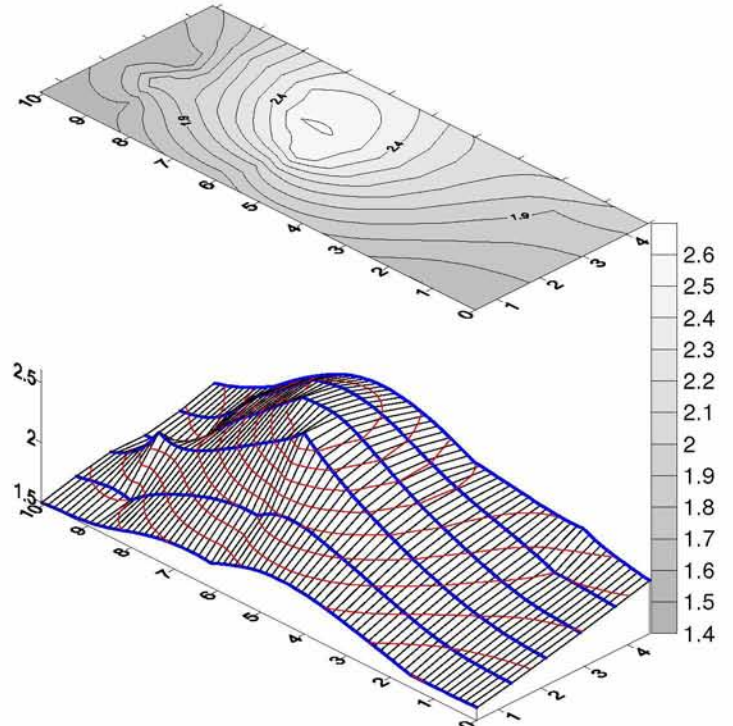


ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 23/8/2005

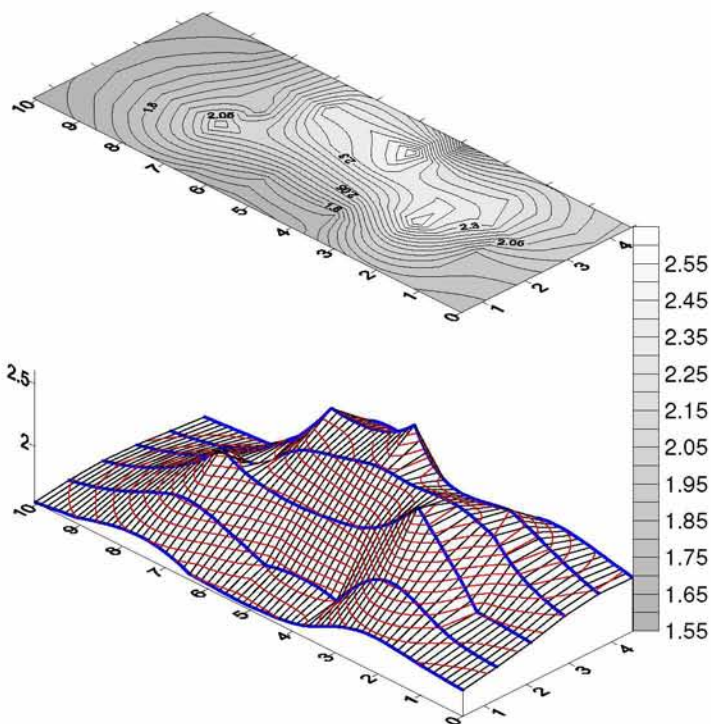
M4



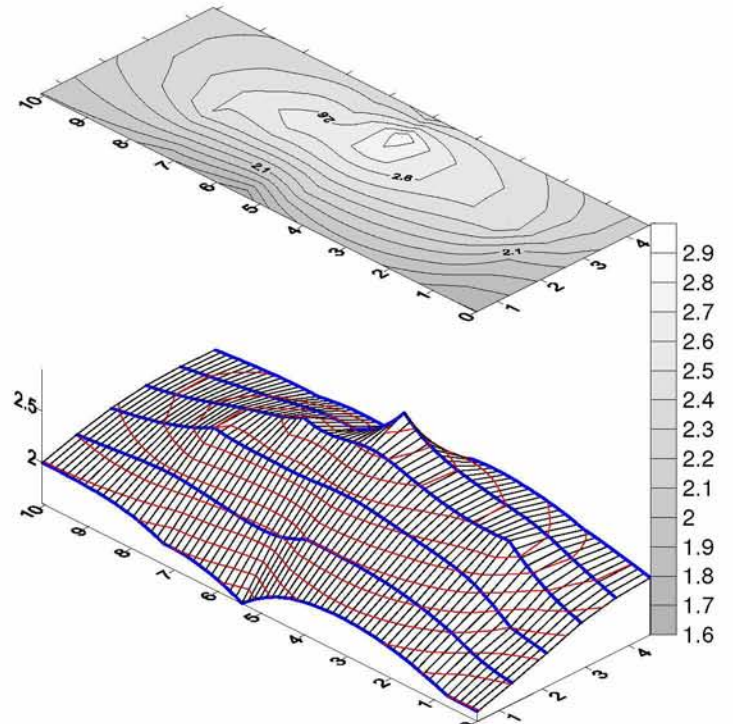
M5



M10

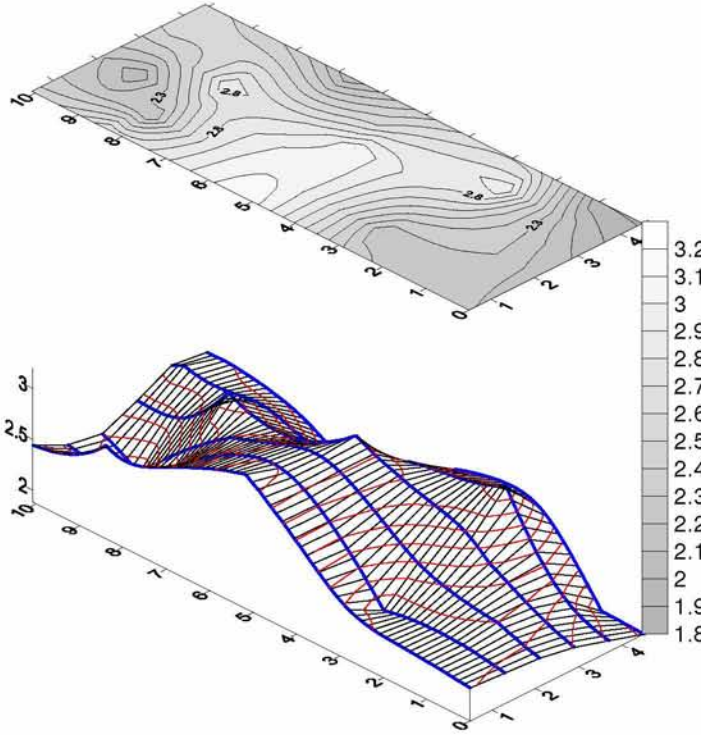


M14

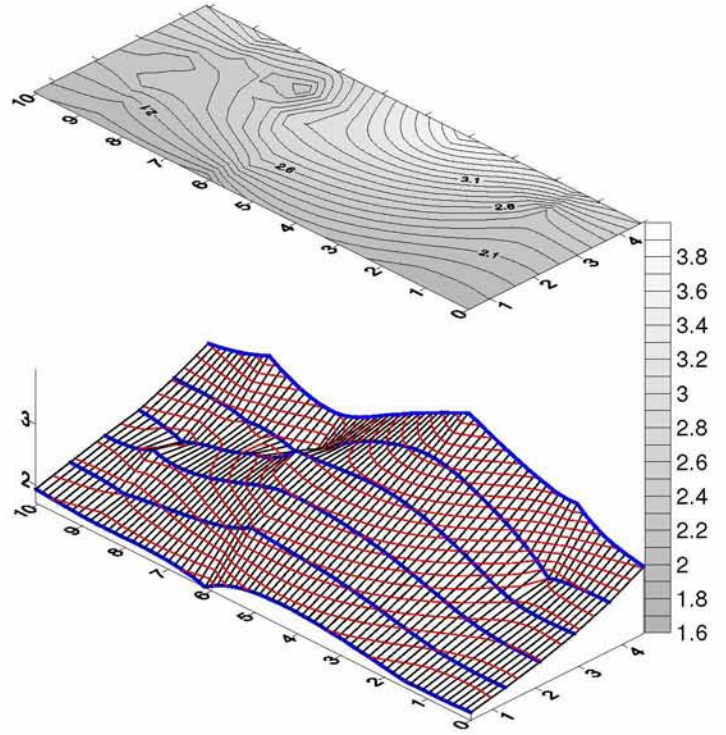


ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 27/9/2005

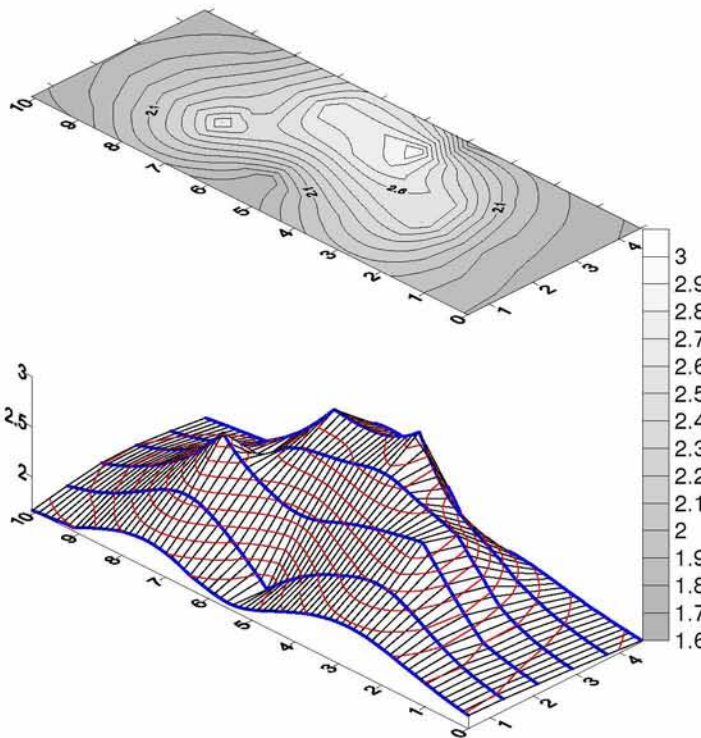
M4



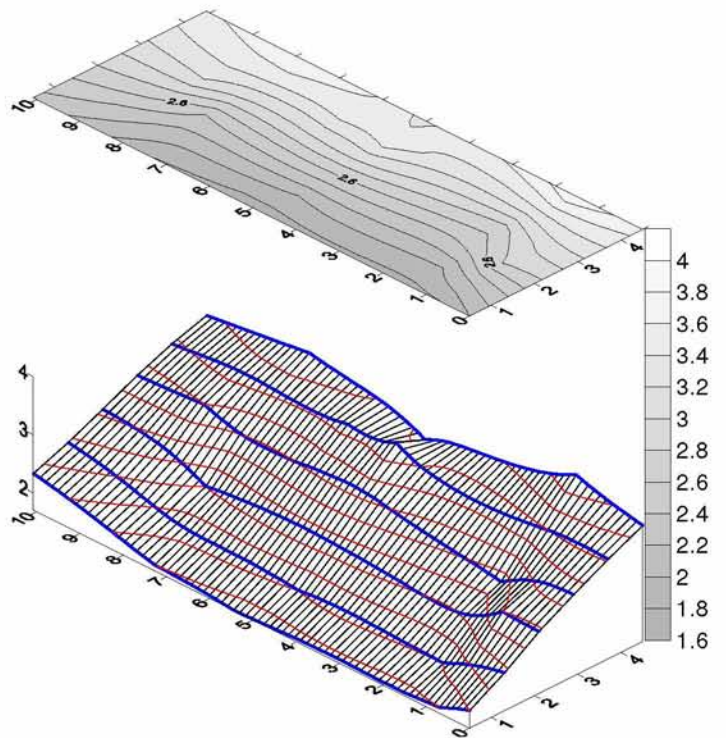
M5



M10

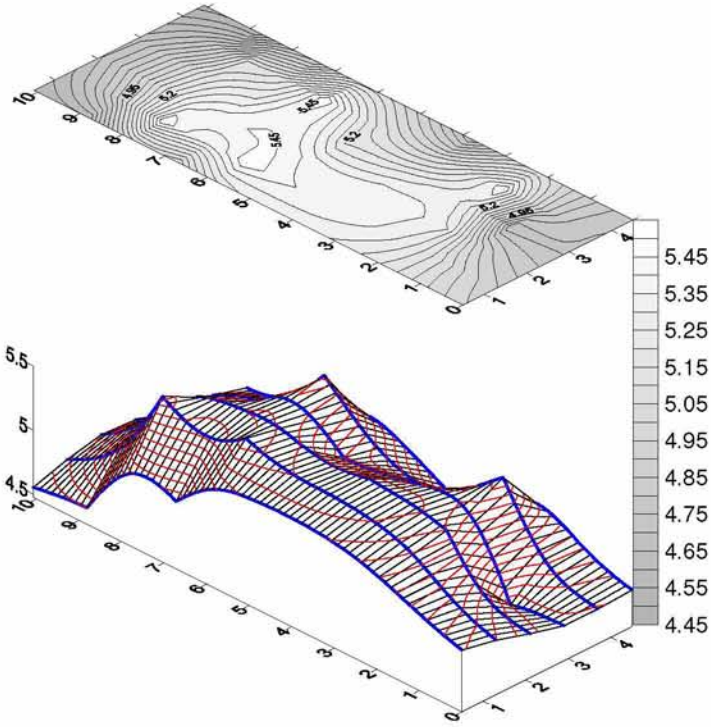


M14

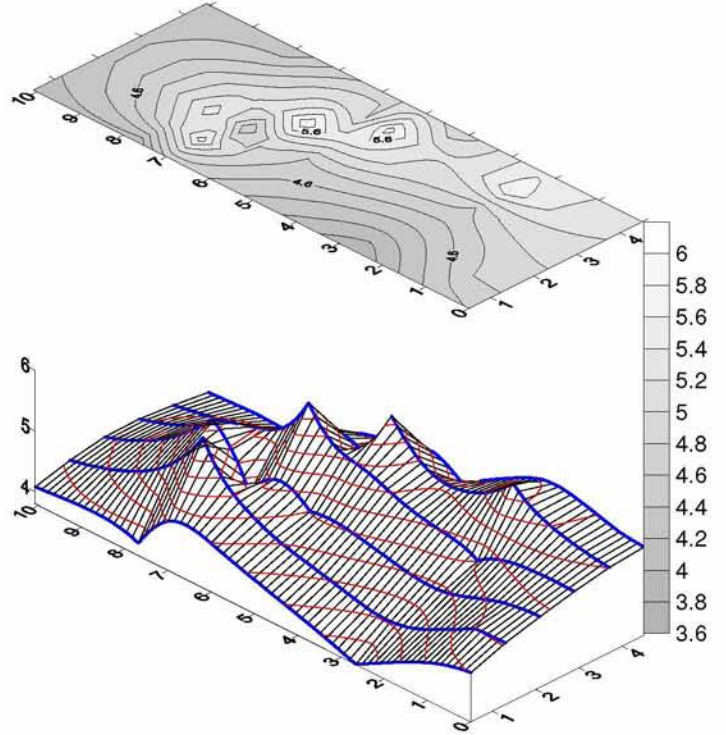


ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ 23/8/2006

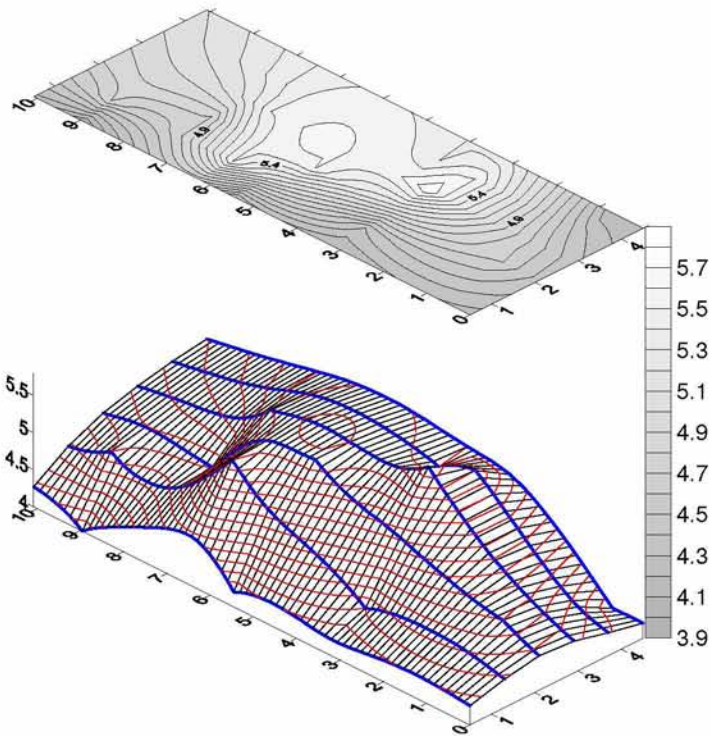
Υ1



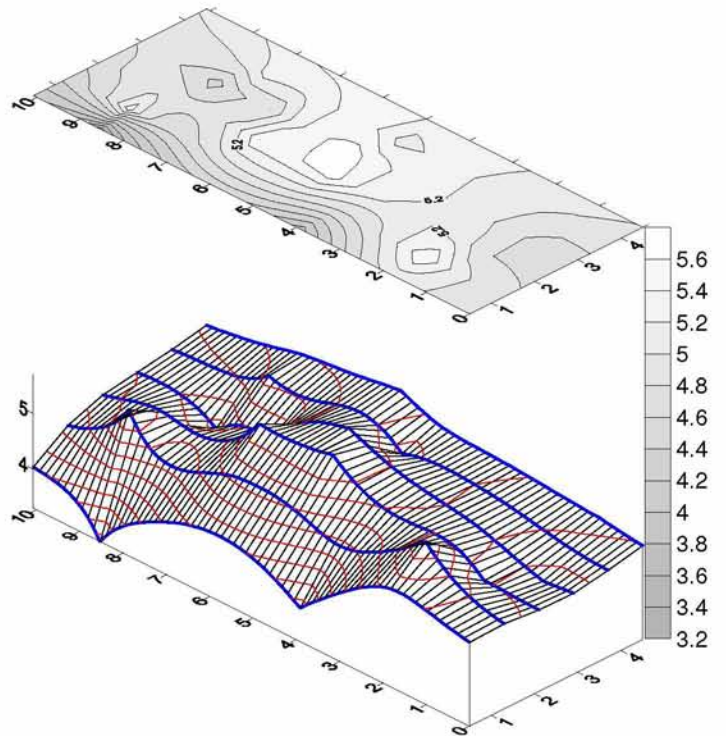
Υ6



Υ12

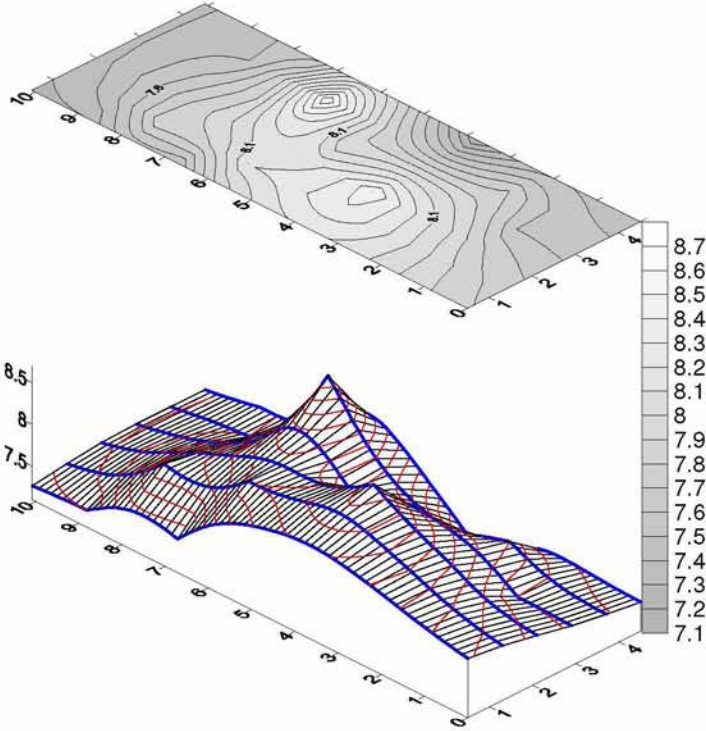


Υ15

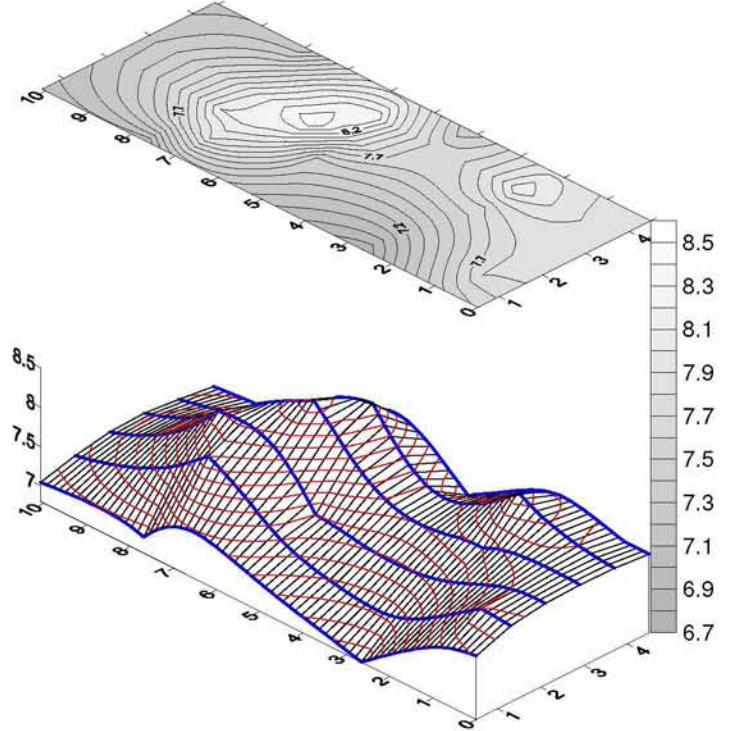


ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ 27/9/2006

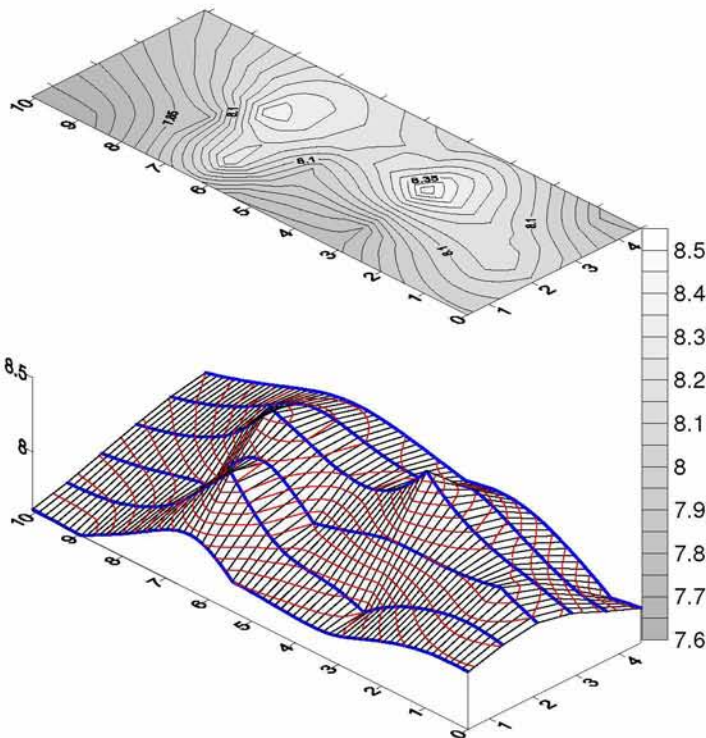
Υ1



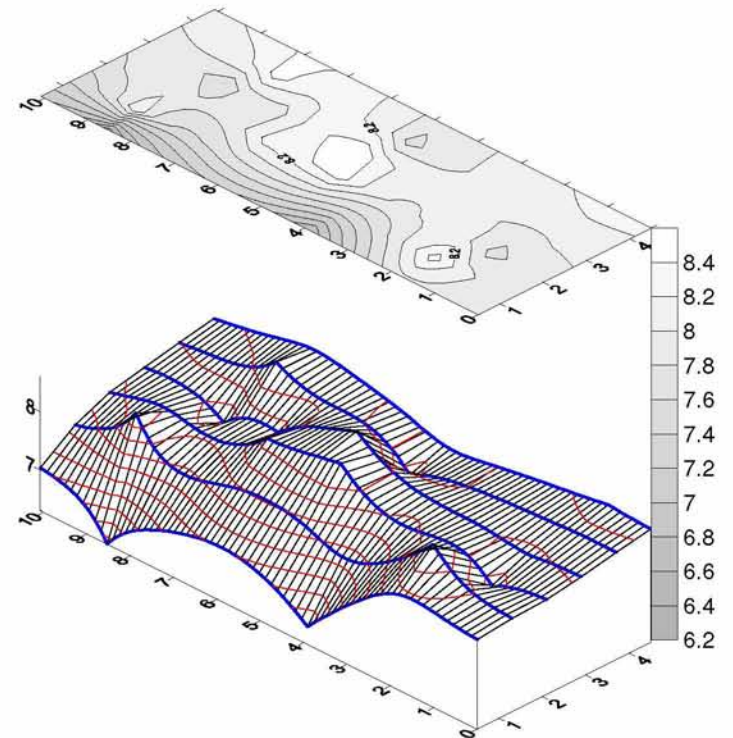
Υ6



Υ12

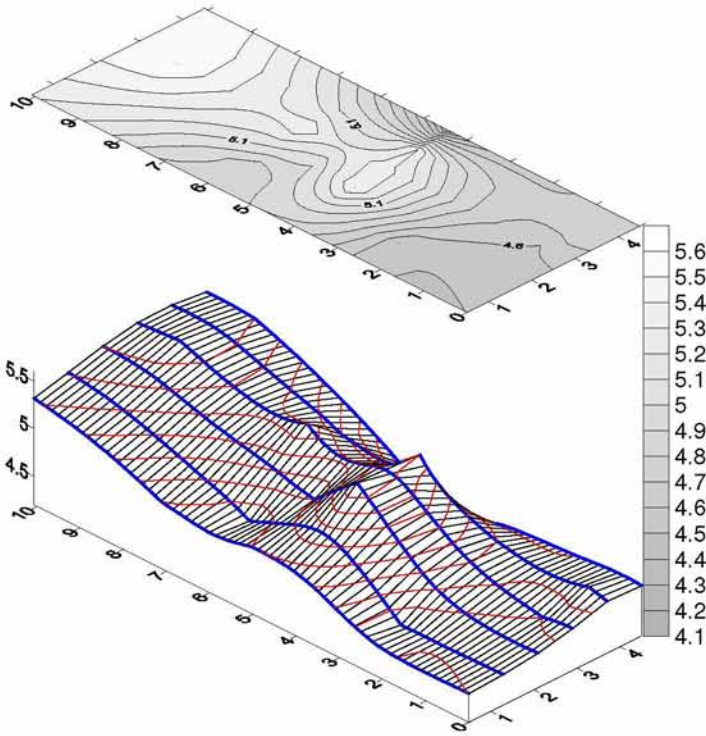


Υ15

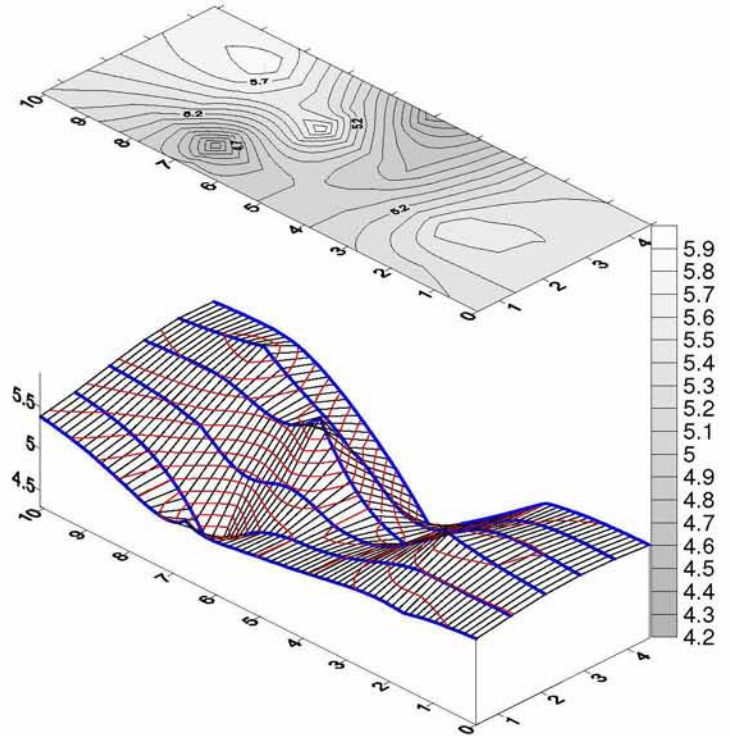


ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 23/8/2006

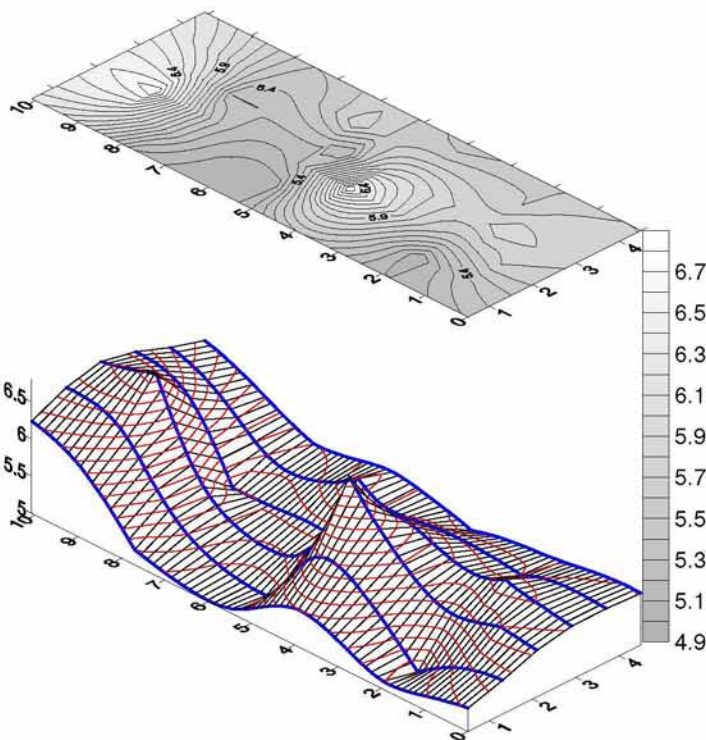
E3



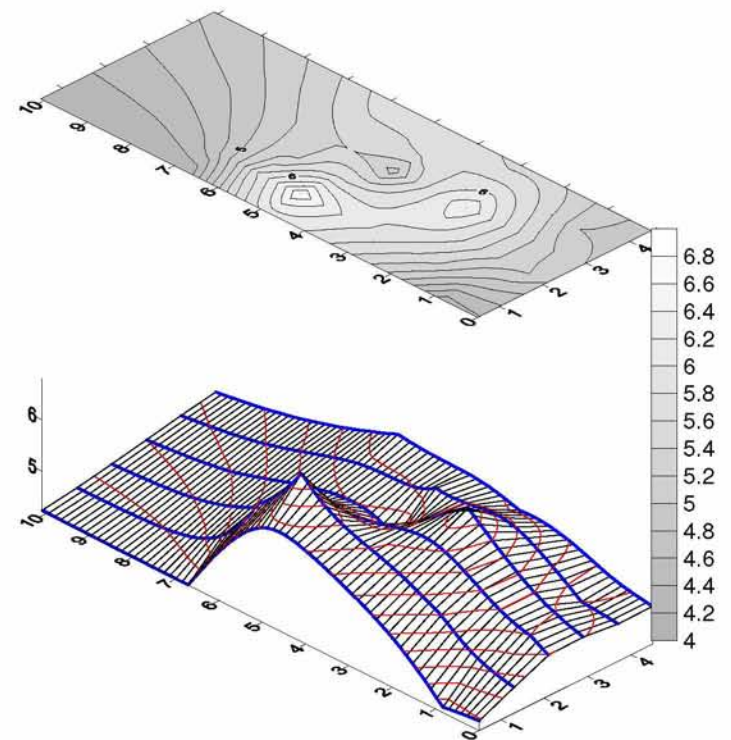
E7



E11

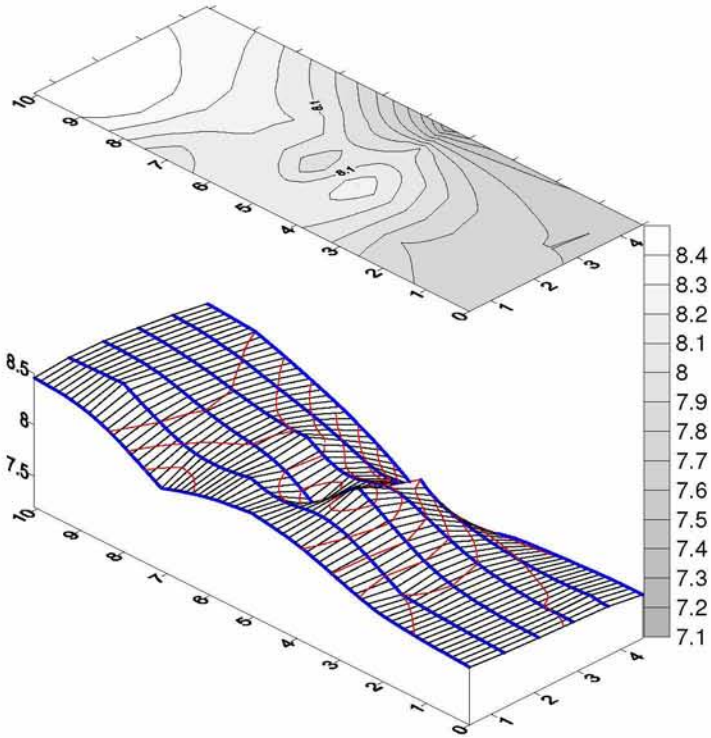


E13

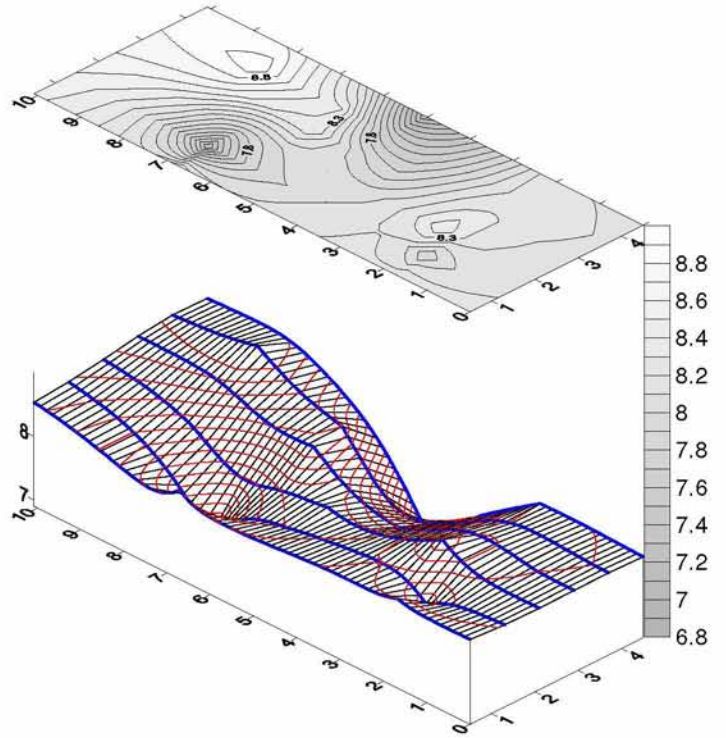


ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 27/9/2006

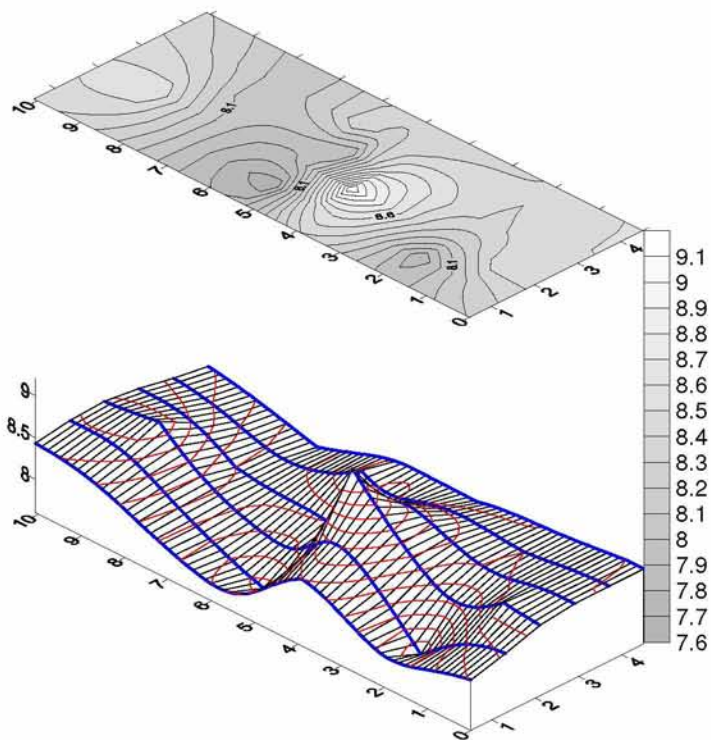
E3



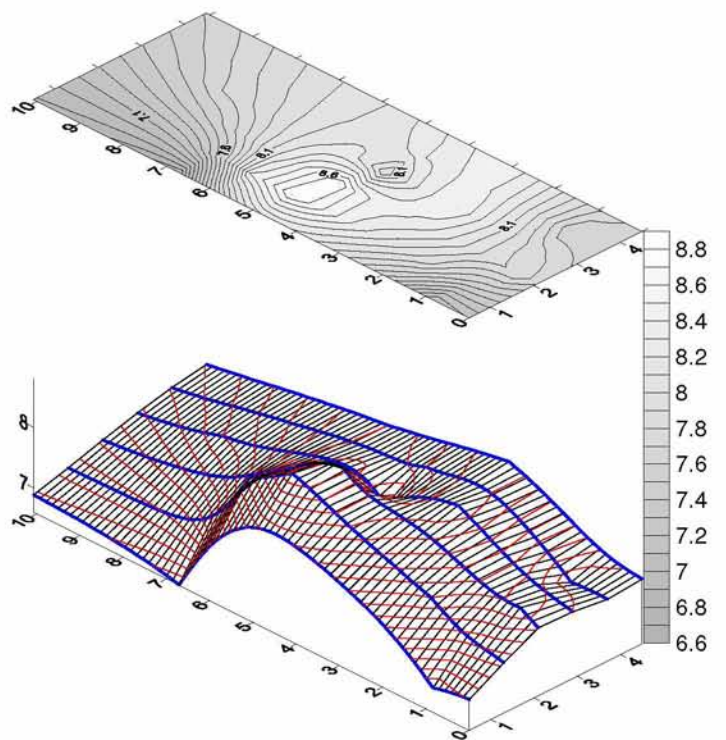
E7



E11

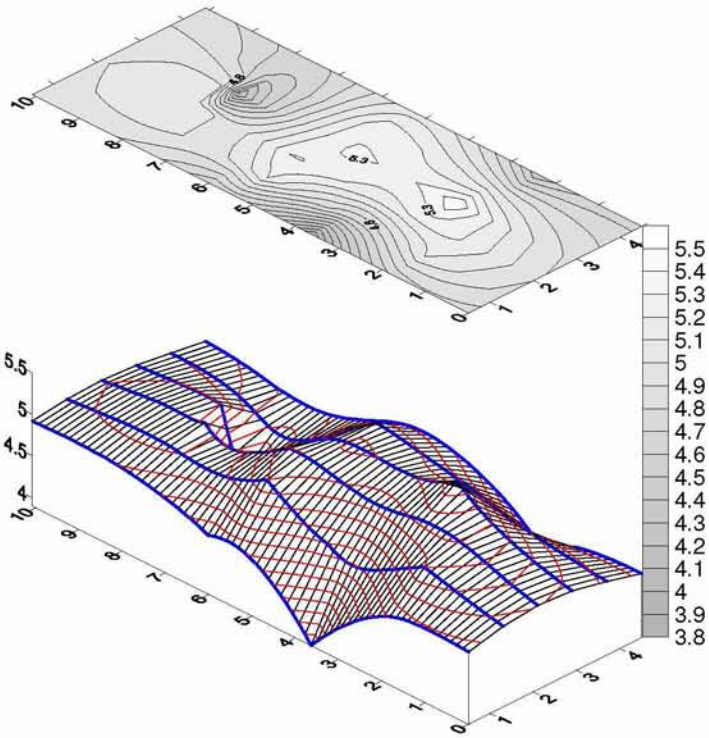


E13

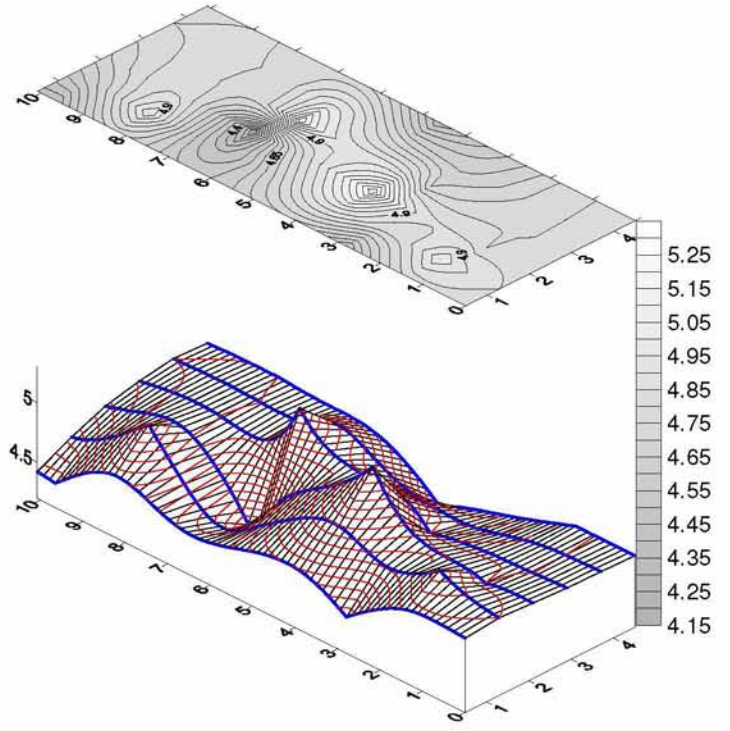


ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 23/8/2006

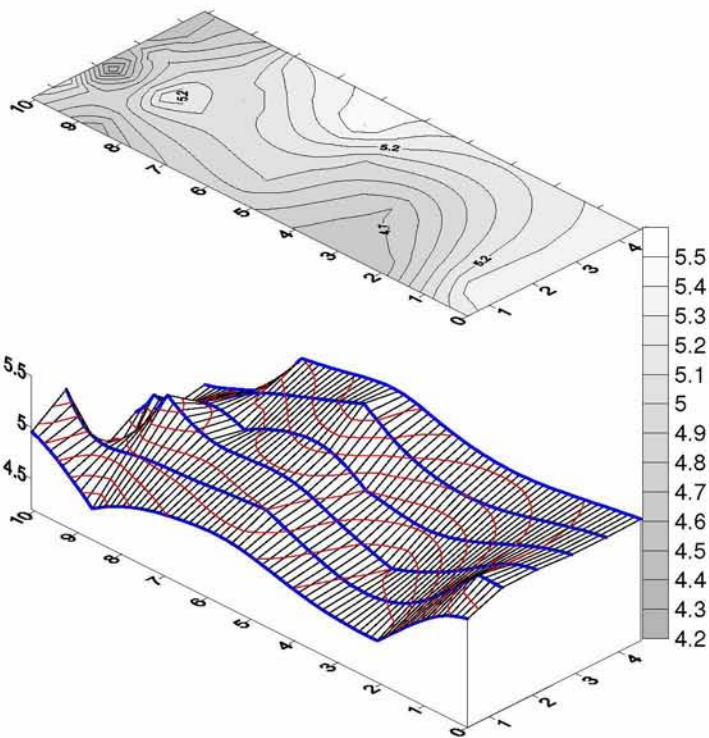
E2



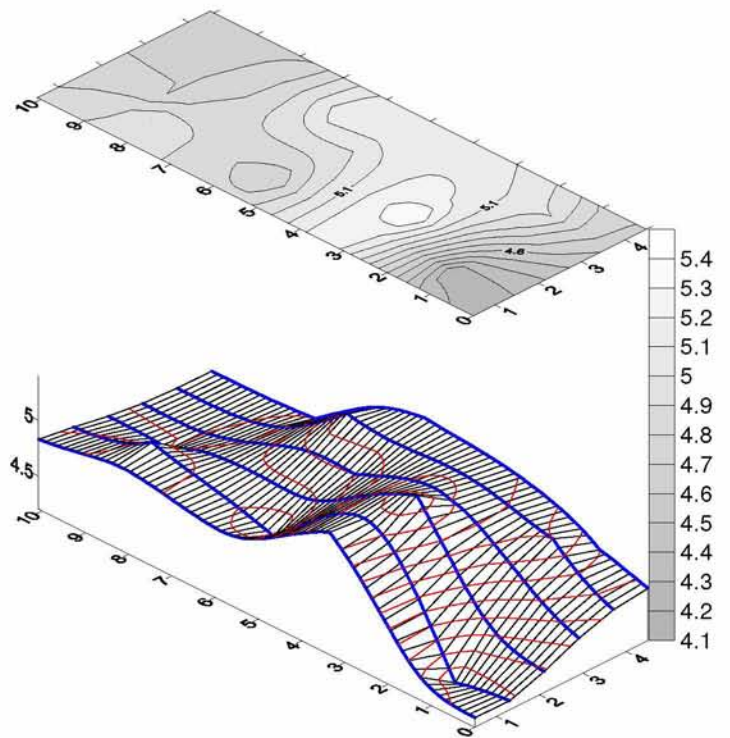
E8



E9

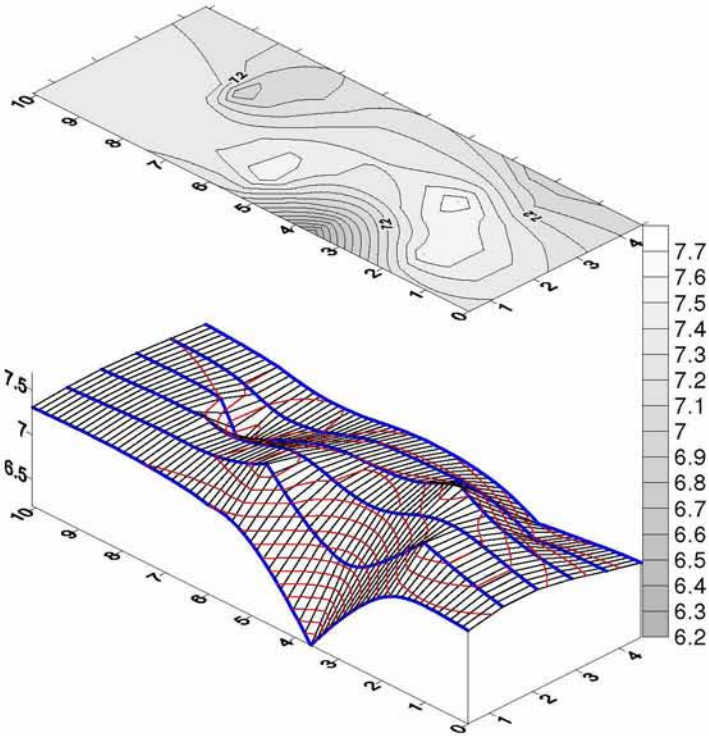


E16

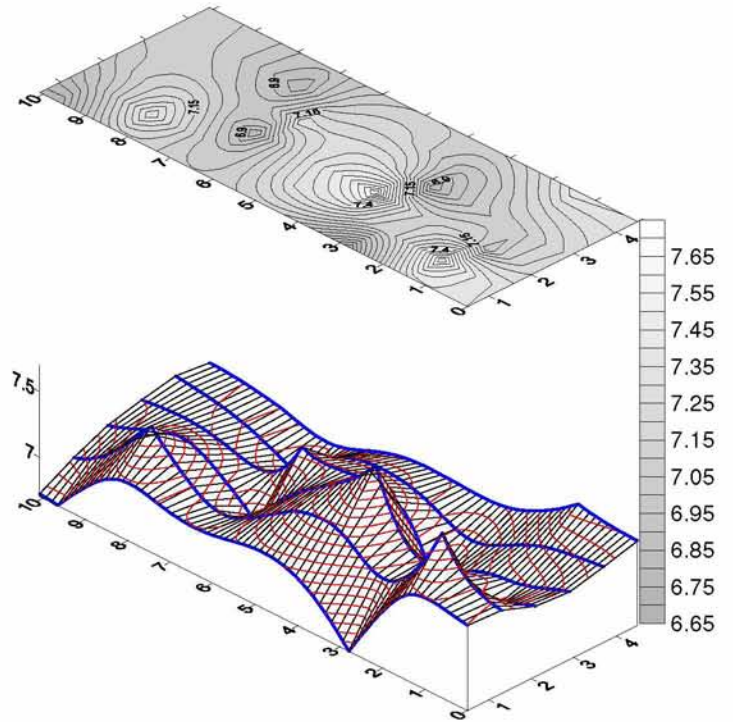


ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 27/9/2006

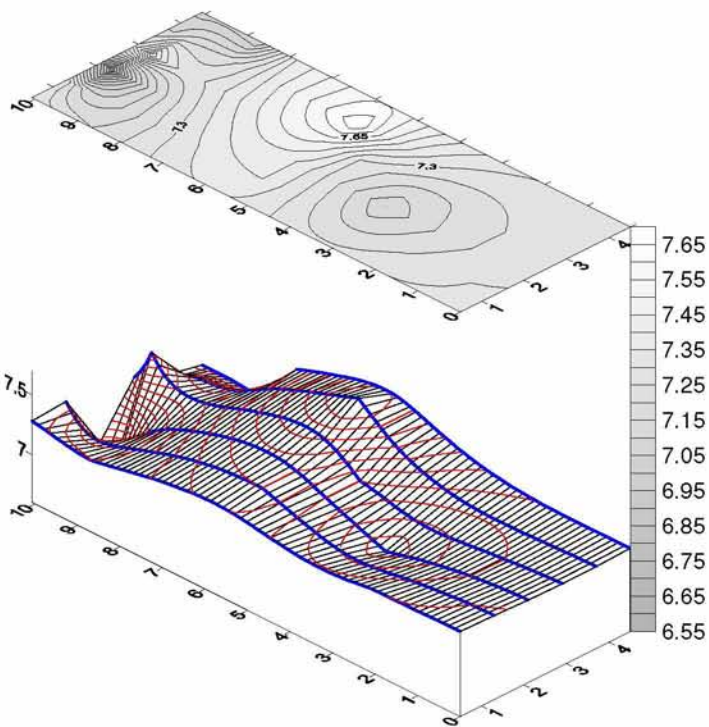
E2



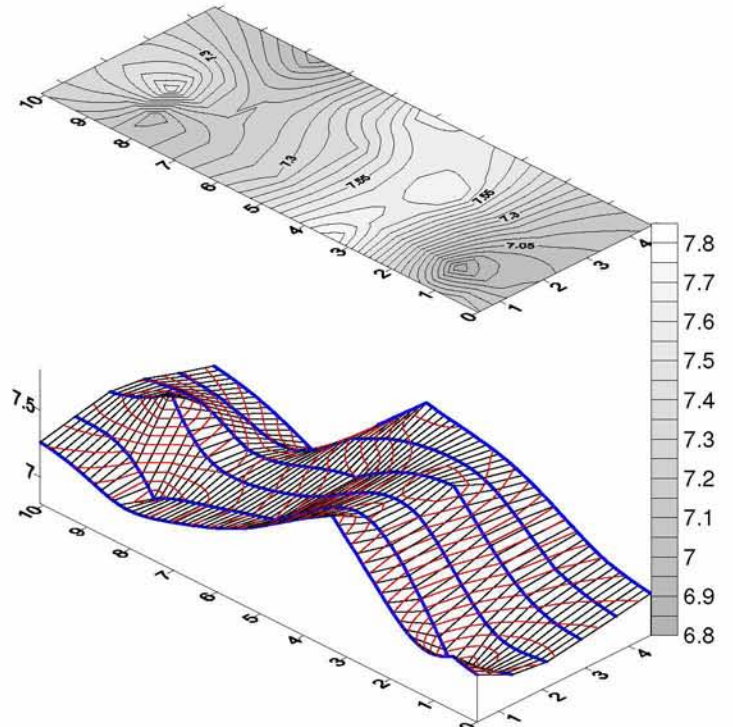
E8



E9

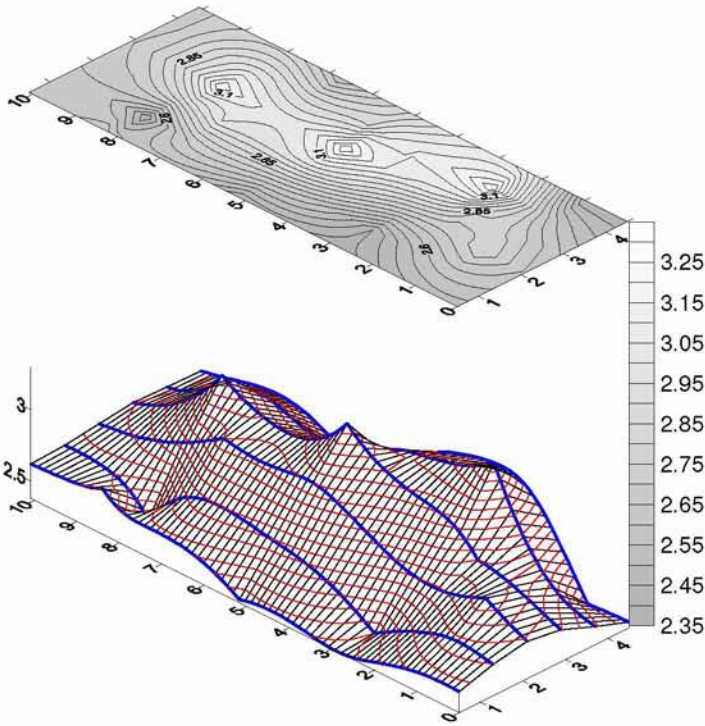


E16

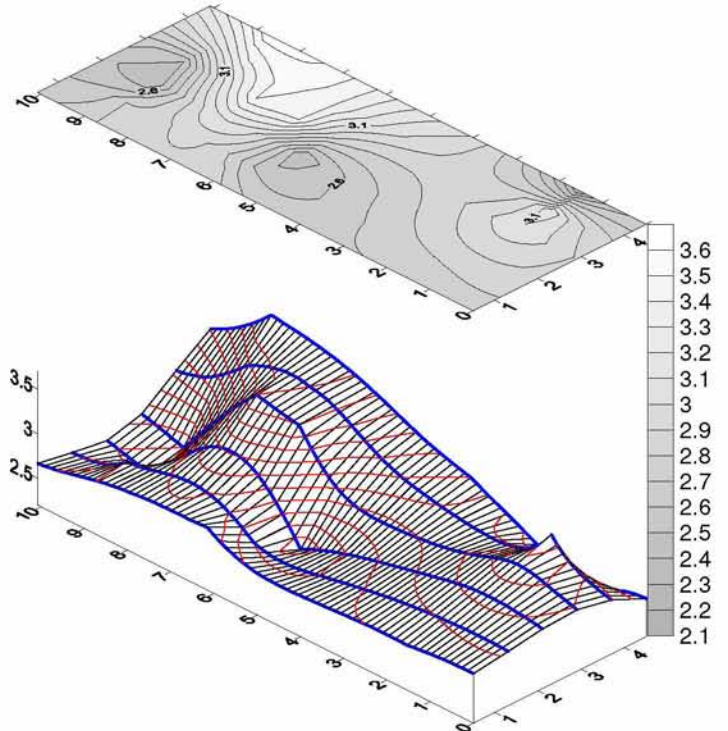


ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 23/8/2006

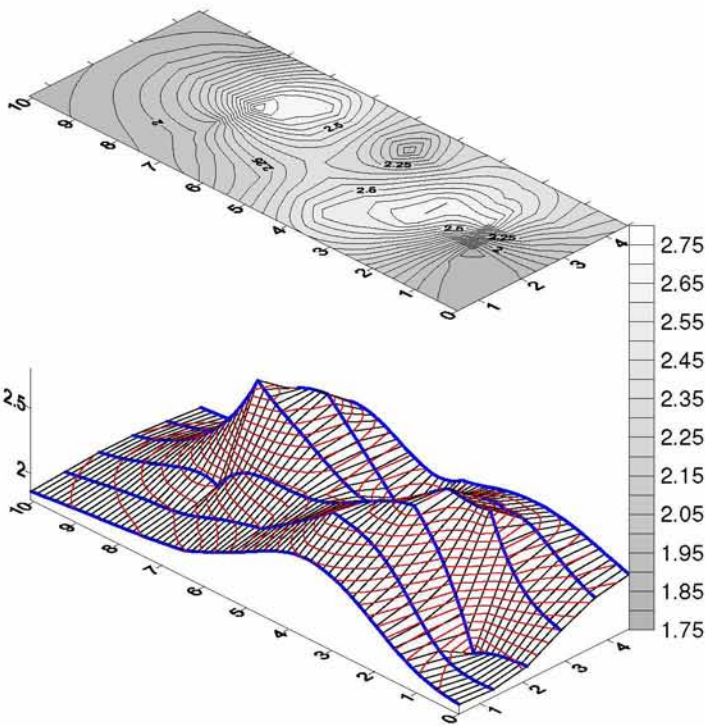
M4



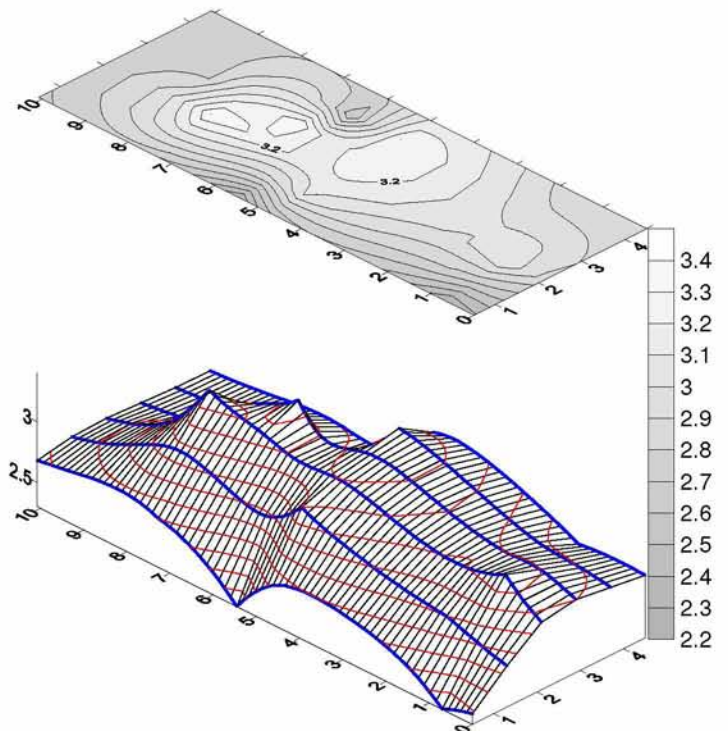
M5



M10

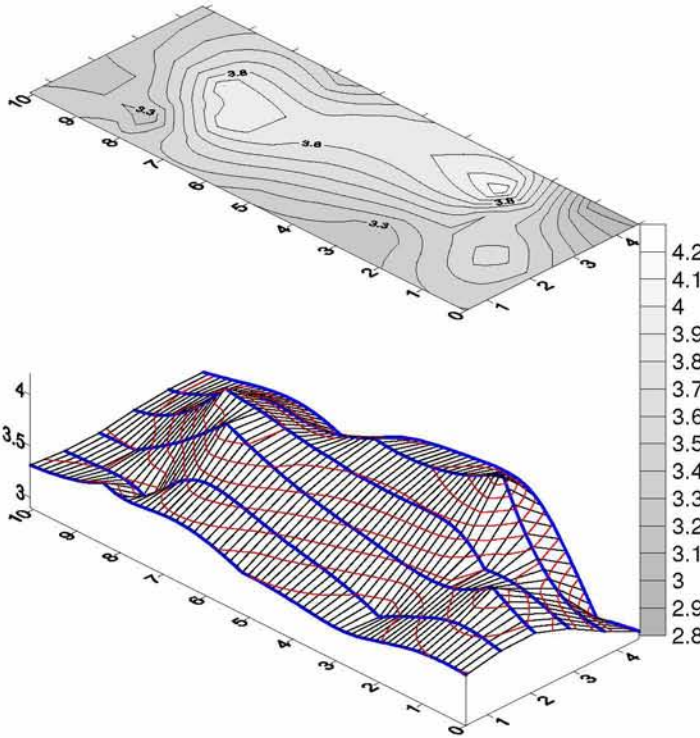


M14

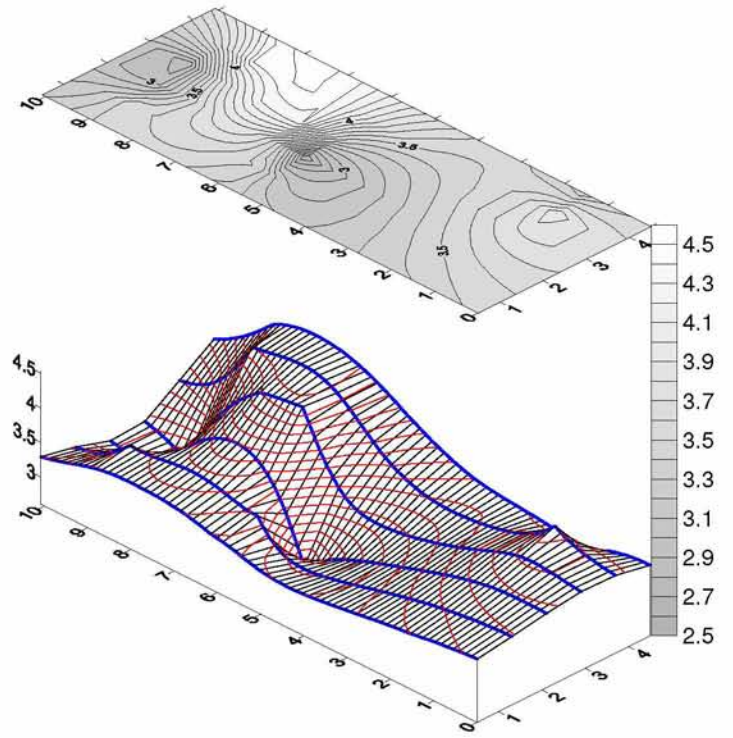


ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 27/9/2006

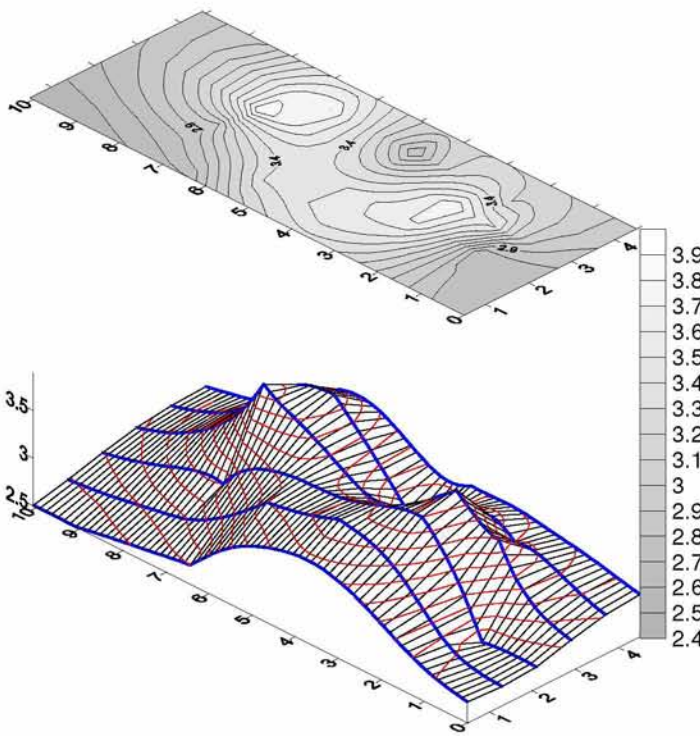
M4



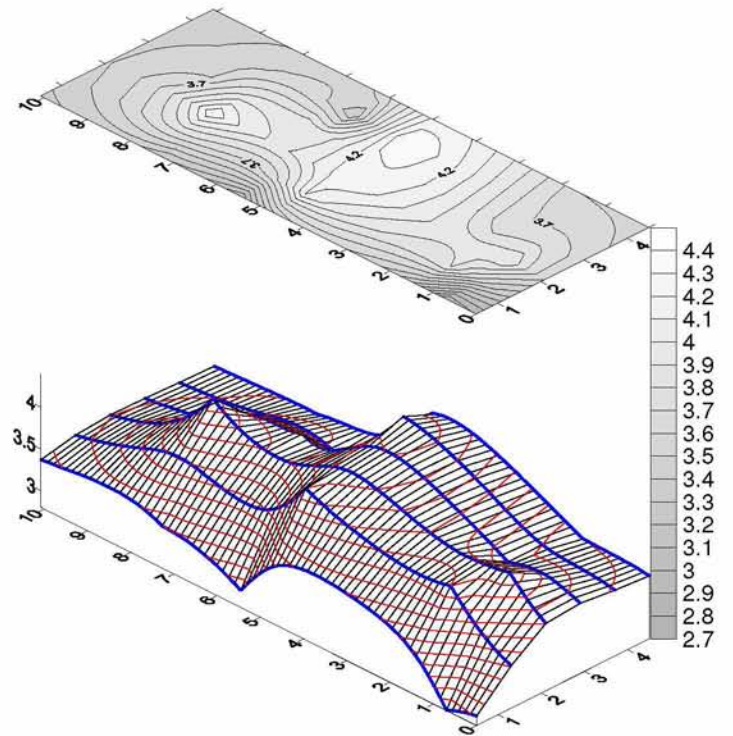
M5



M10

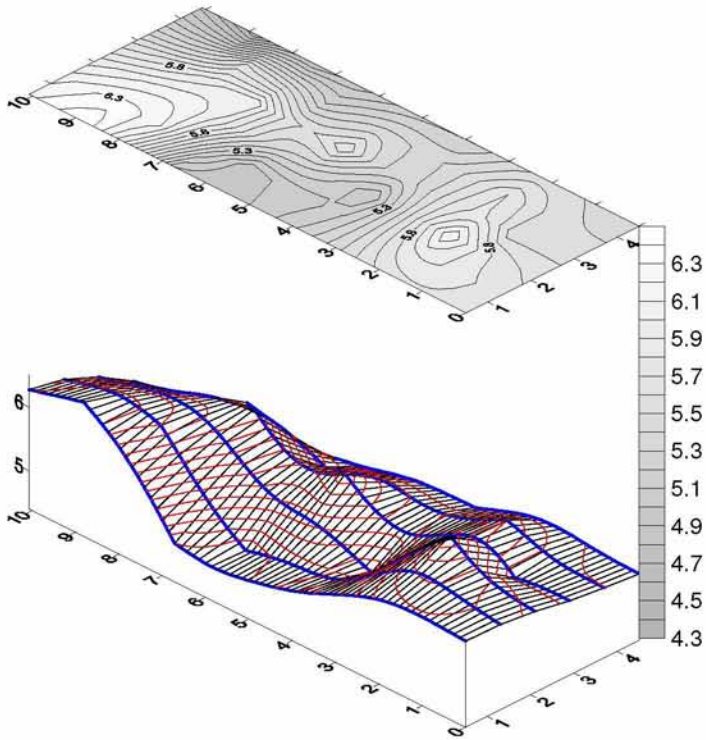


M14

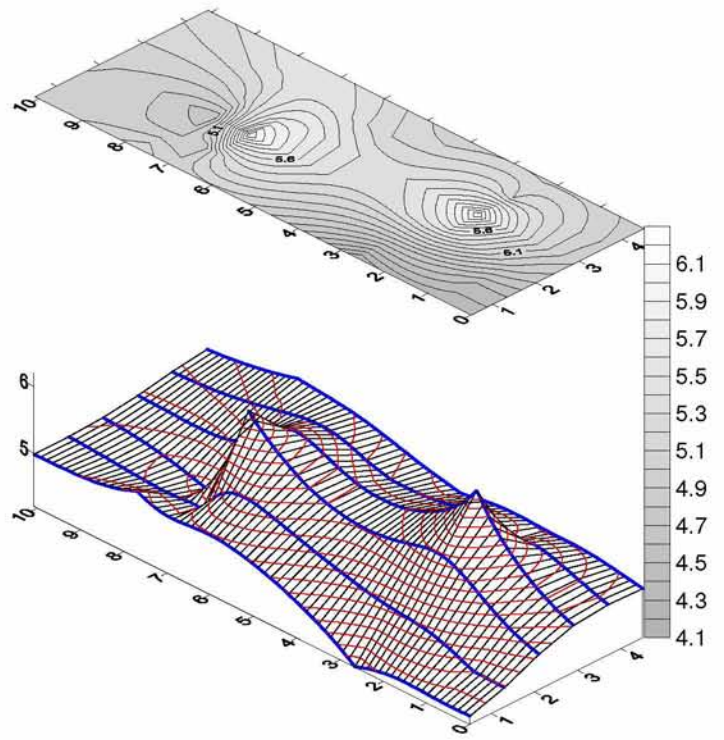


ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ 23/8/2007

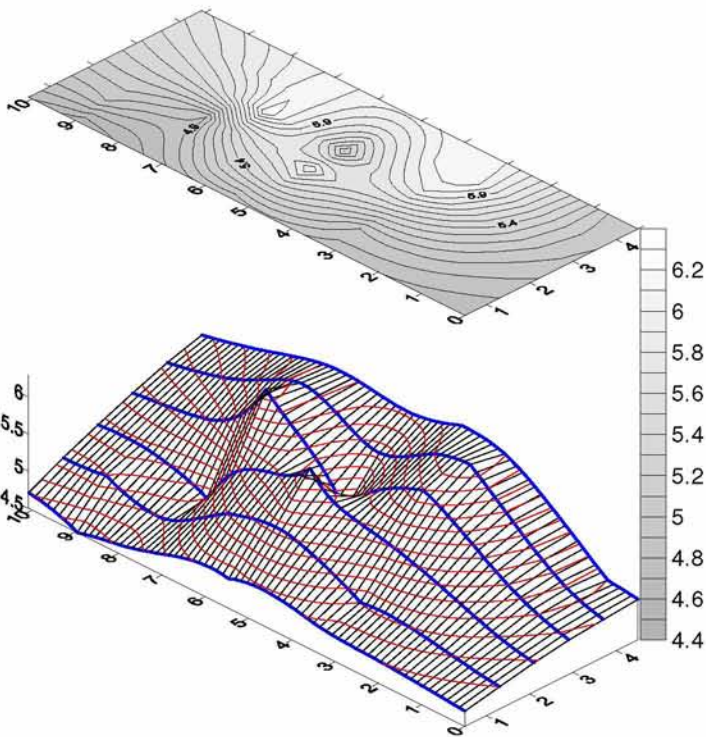
Υ1



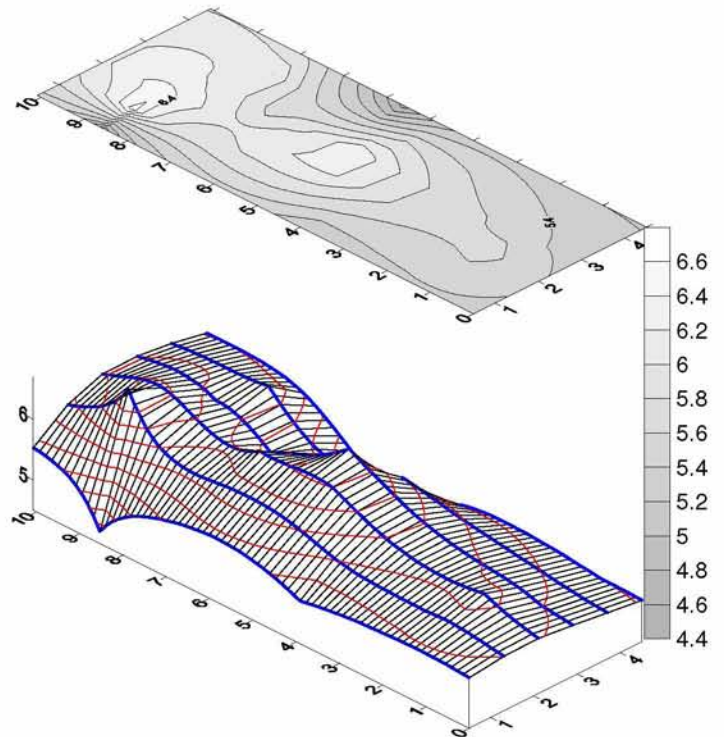
Υ6



Υ12

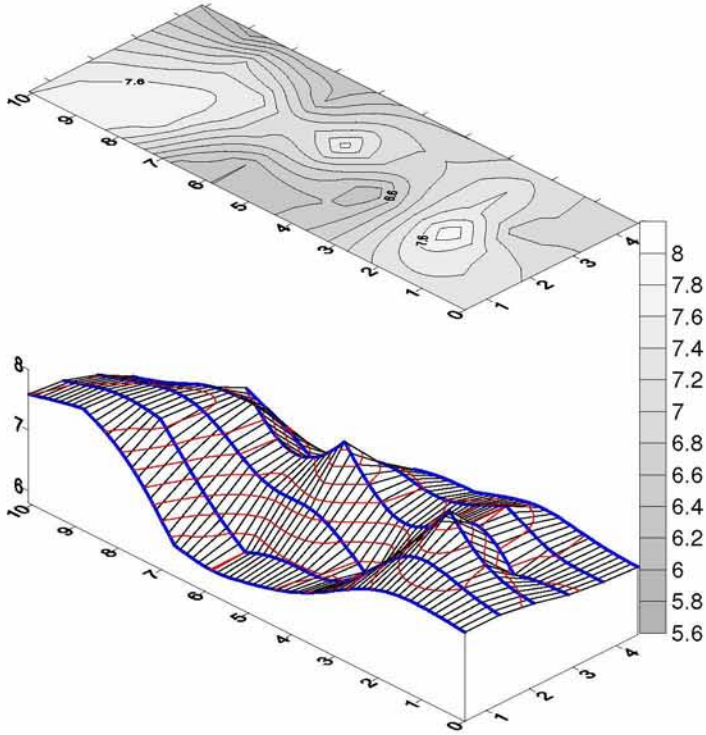


Υ15

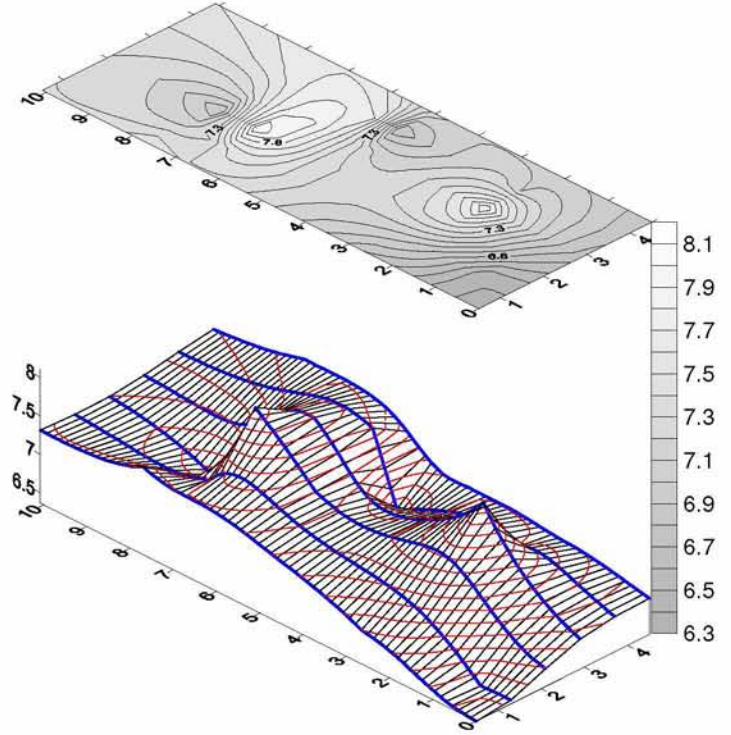


ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ 27/9/2007

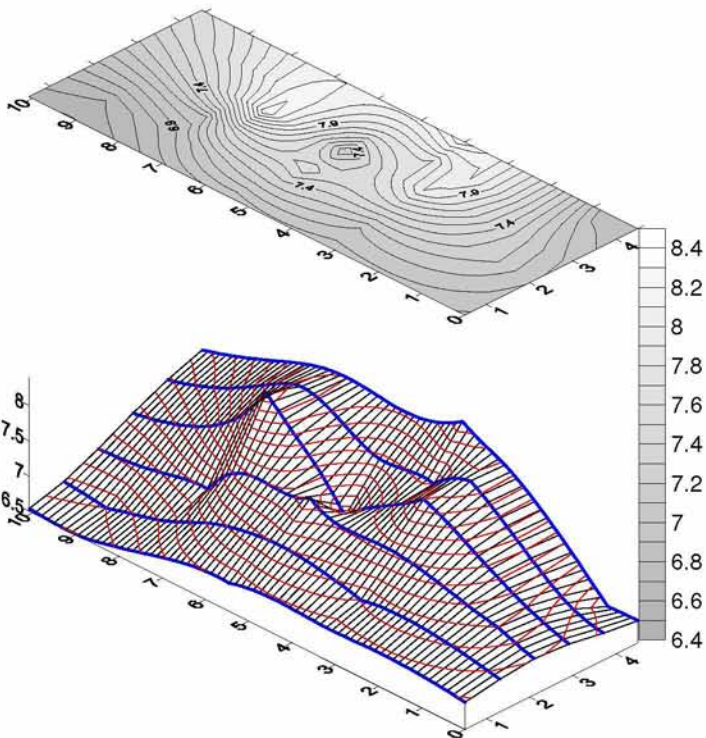
Υ1



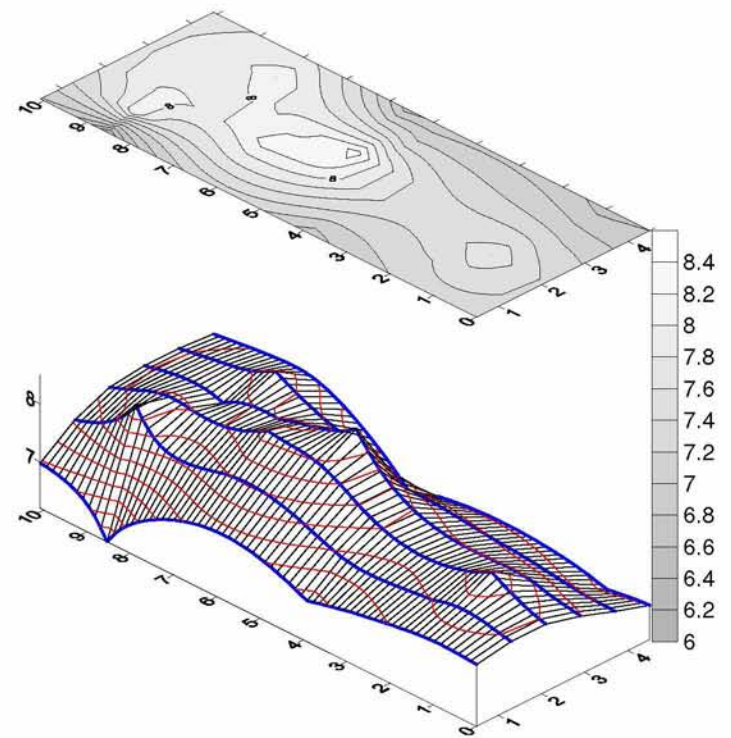
Υ6



Υ12

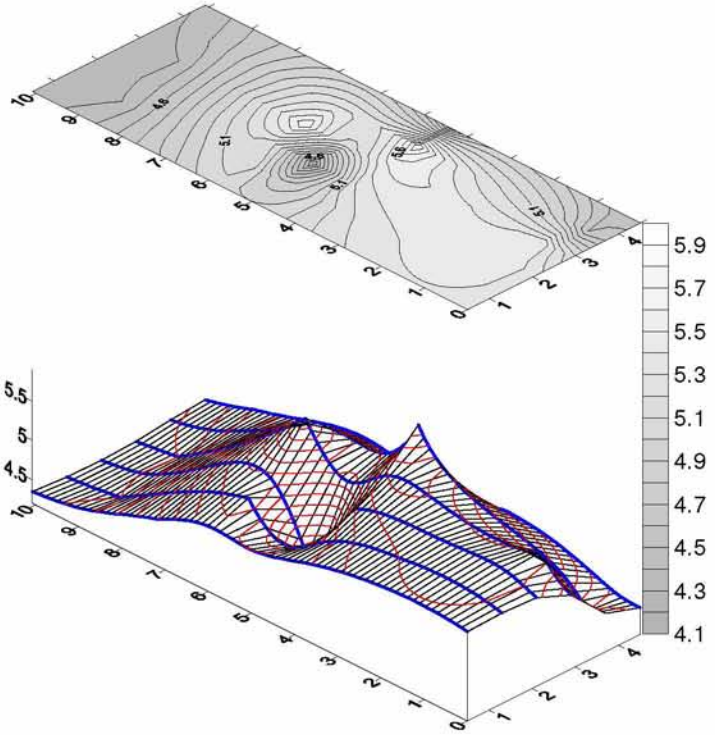


Υ15

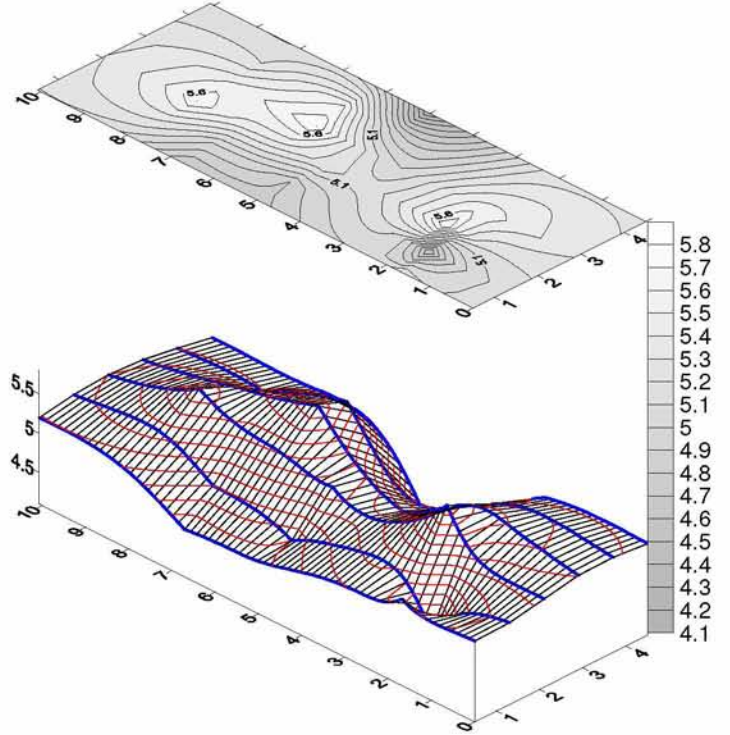


ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 23/8/2007

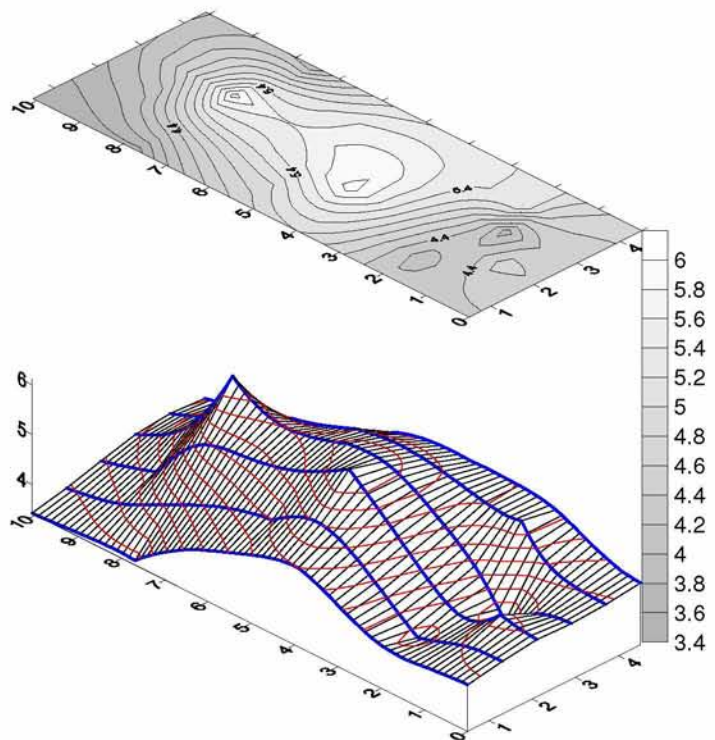
E3



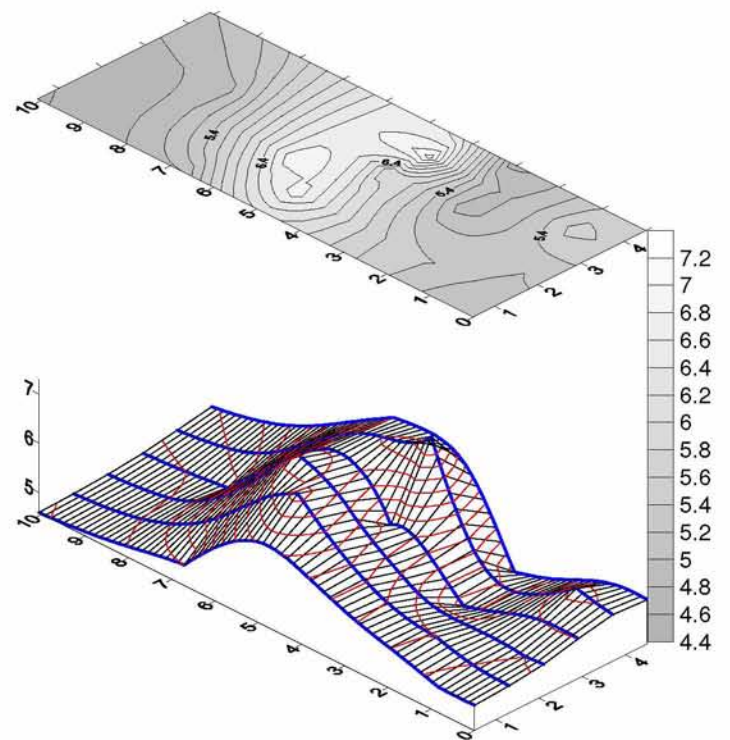
E7



E11

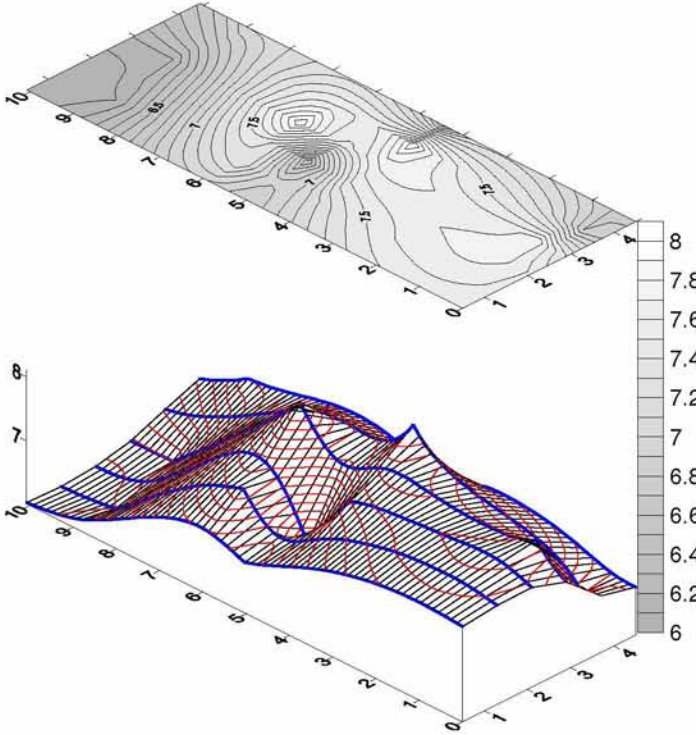


E13

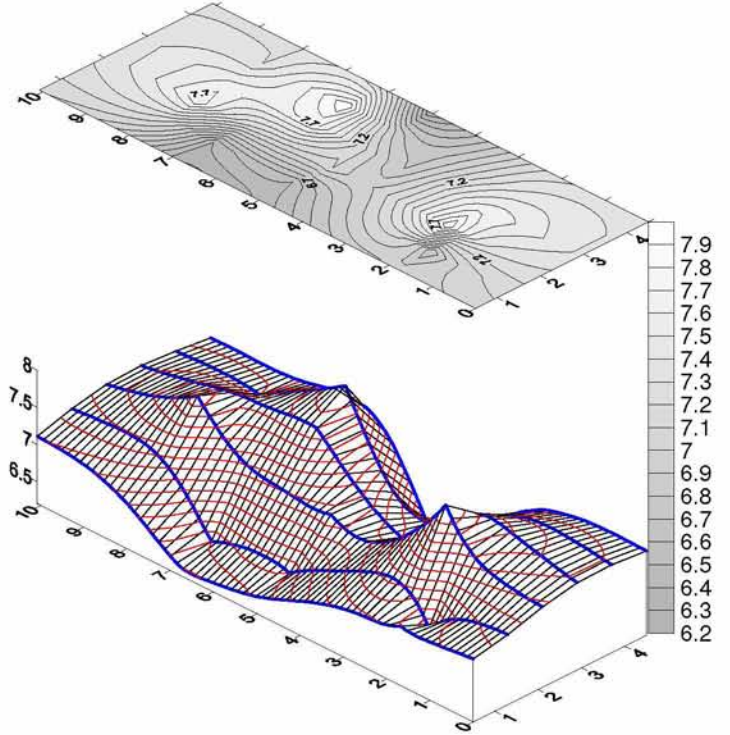


ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 27/9/2007

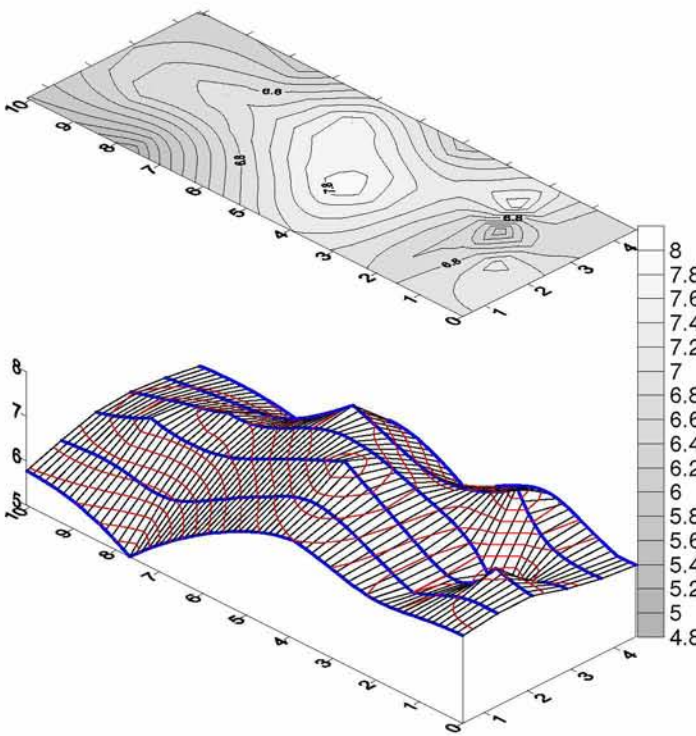
E3



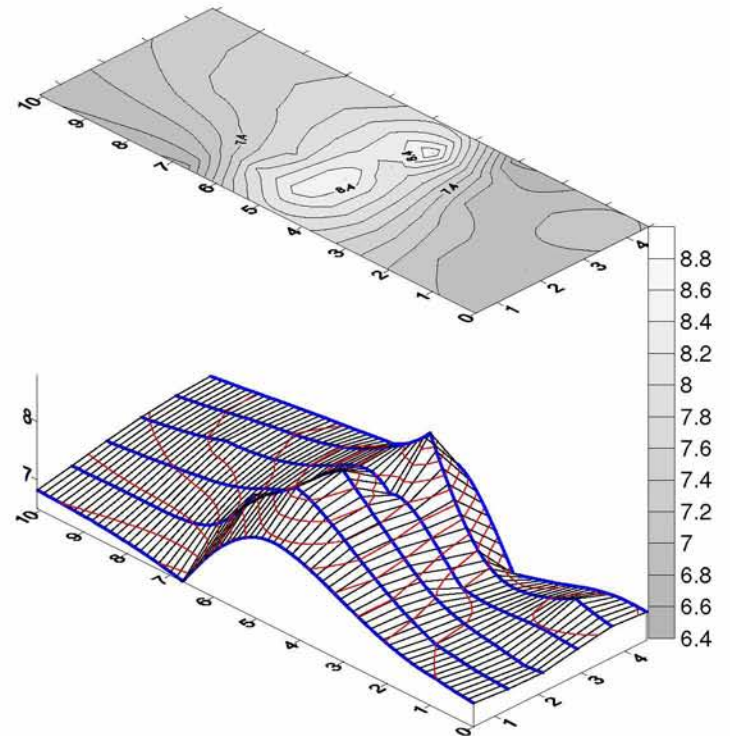
E7



E11

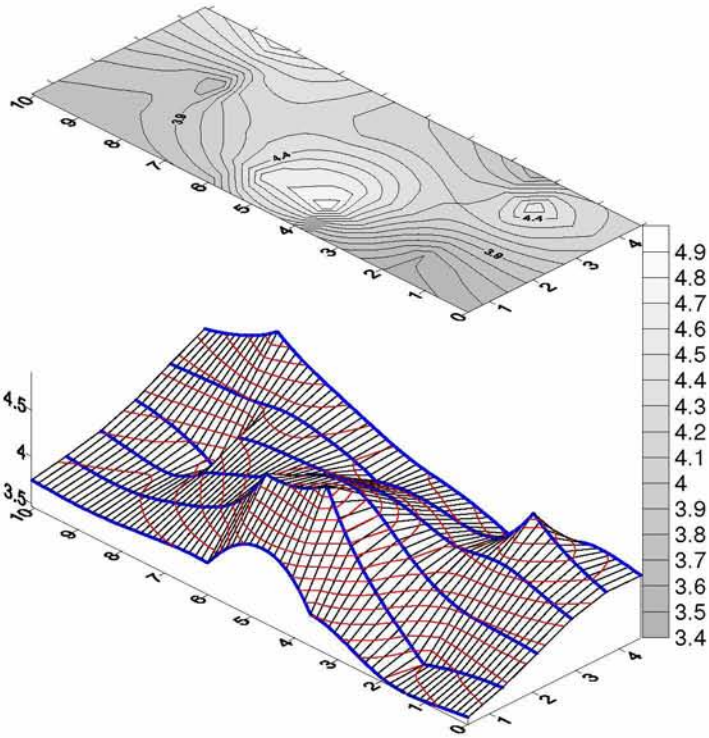


E13

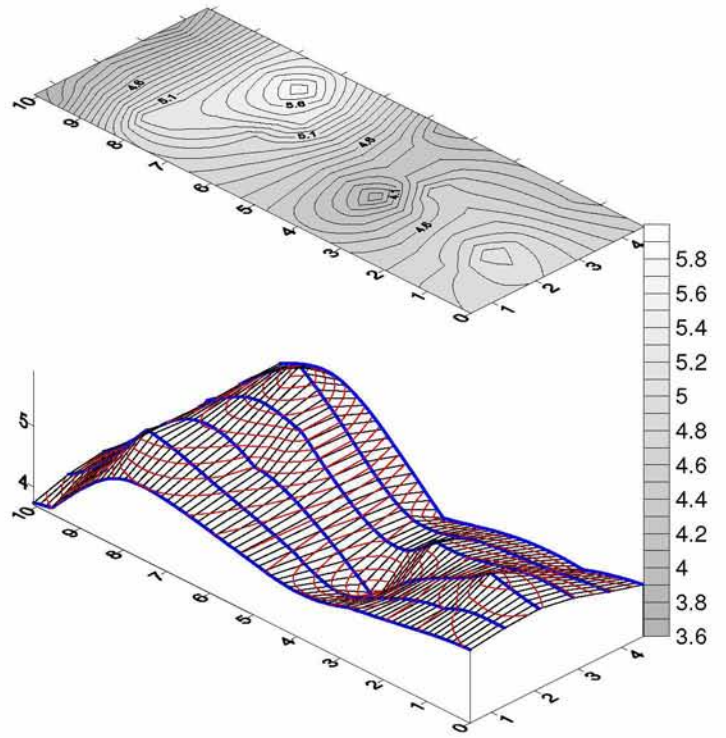


ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 23/8/2007

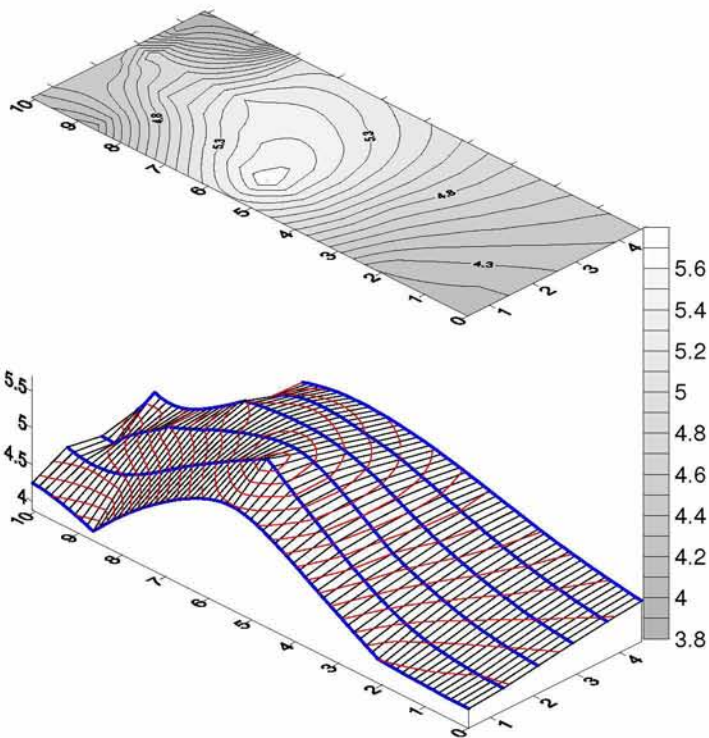
E2



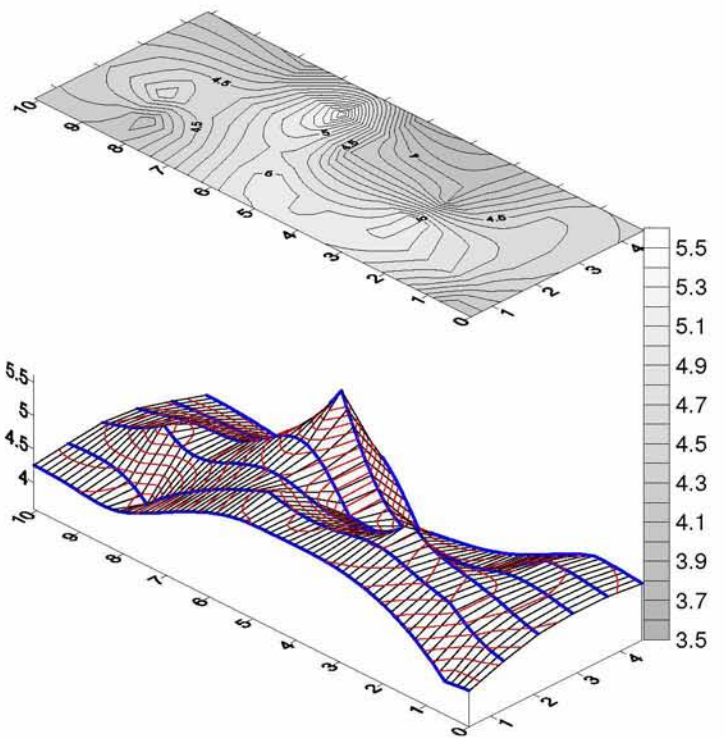
E8



E9

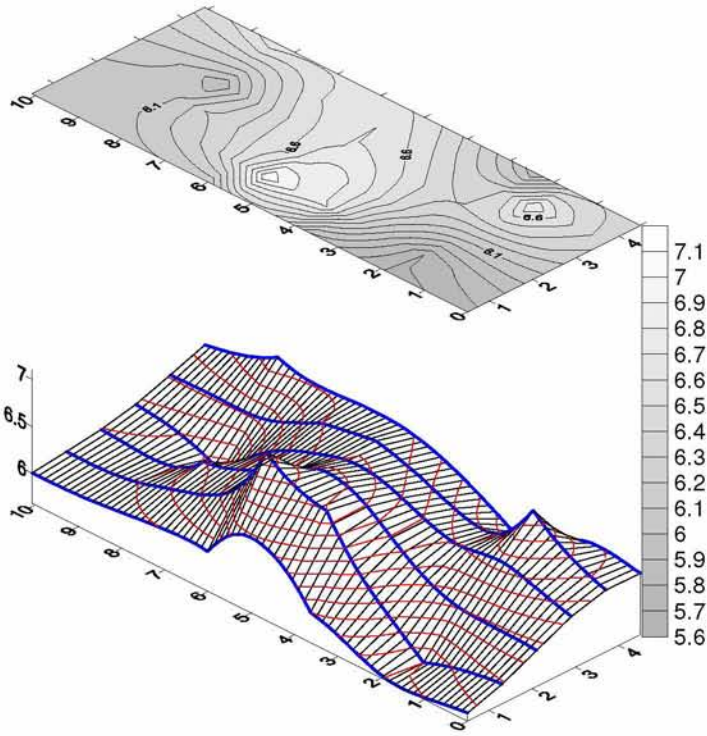


E16

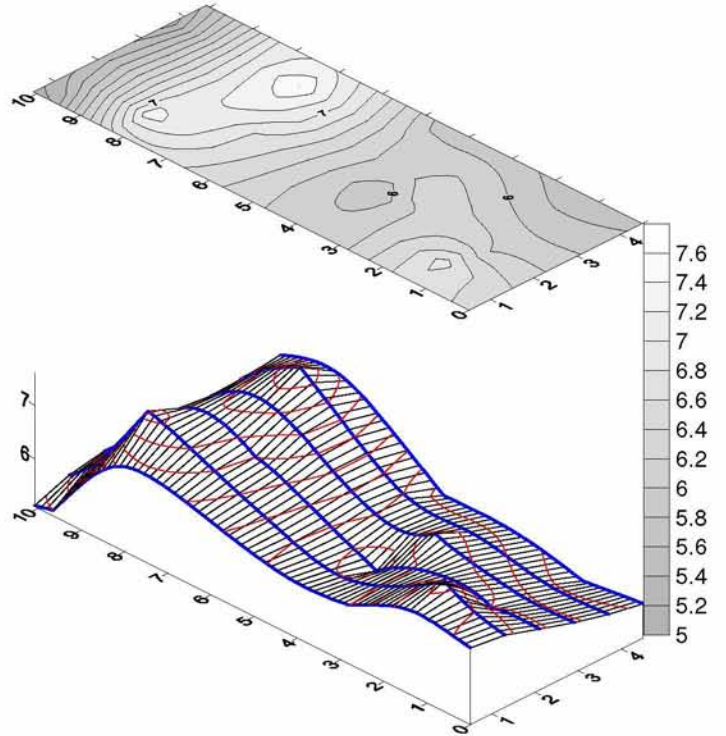


ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 27/9/2007

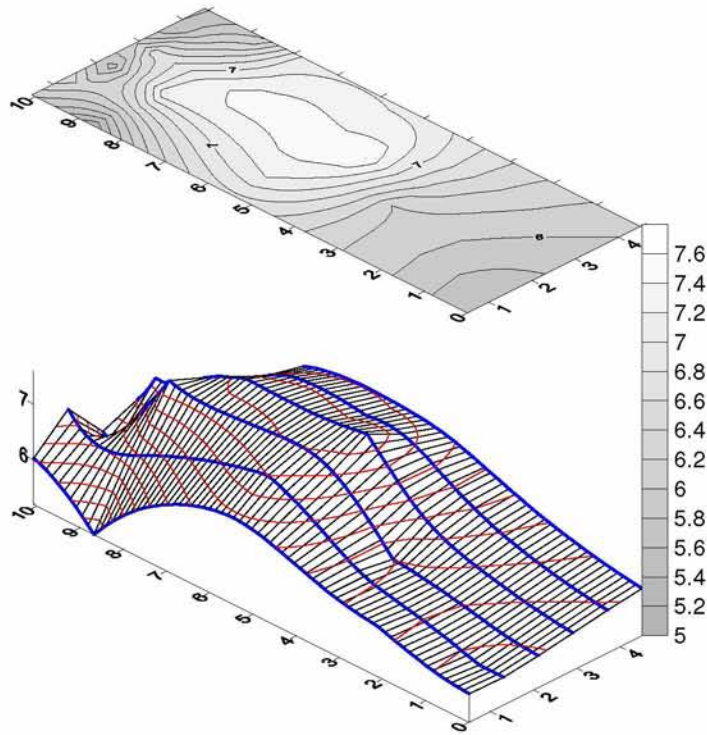
E2



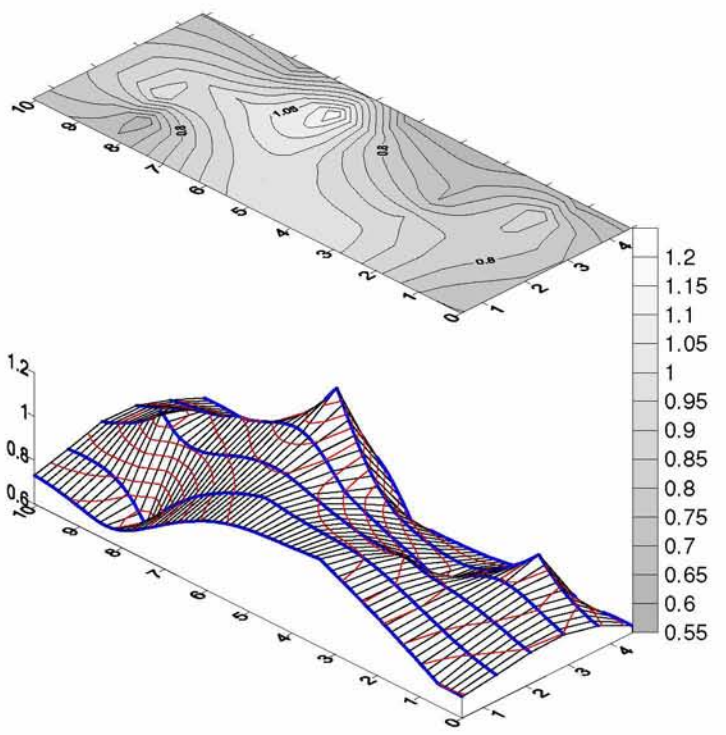
E8



E9

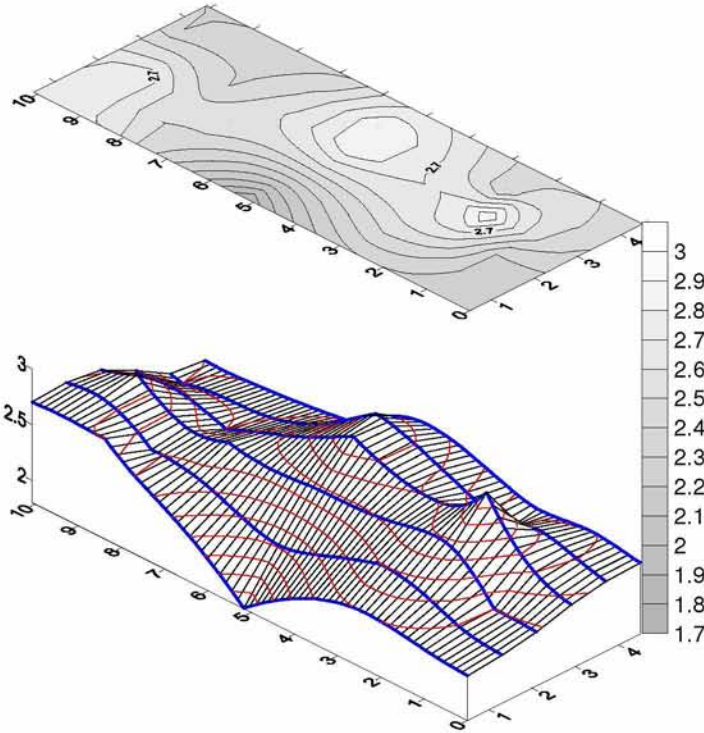


E16

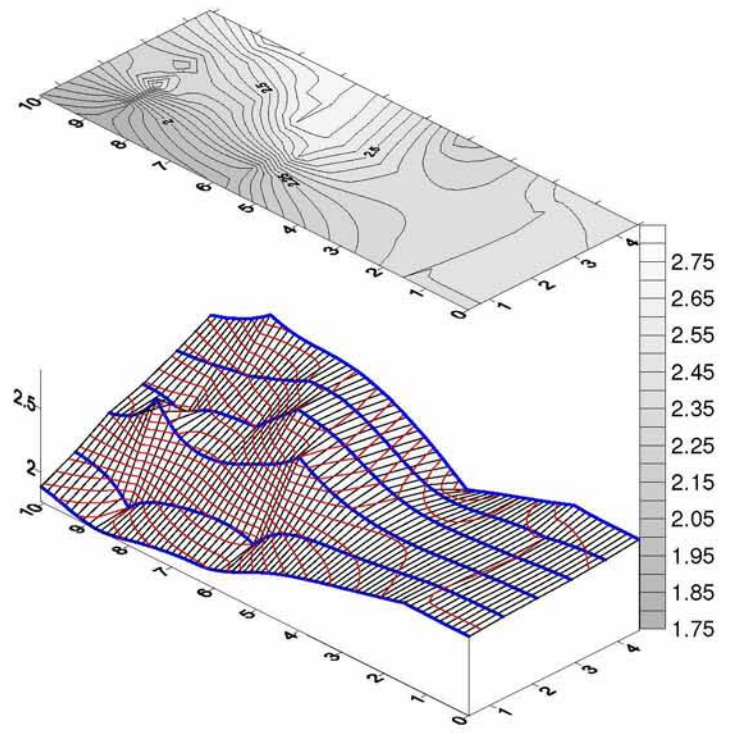


ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 23/8/2007

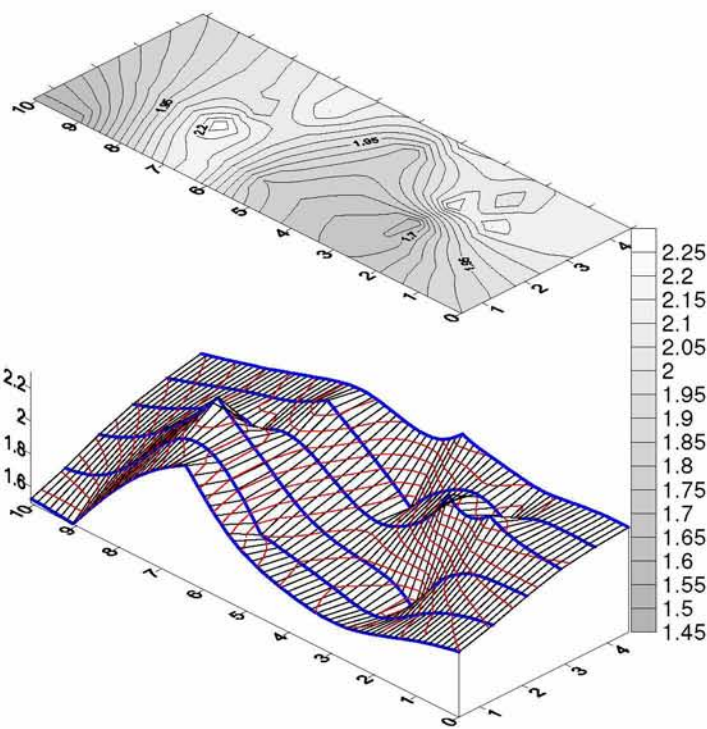
M4



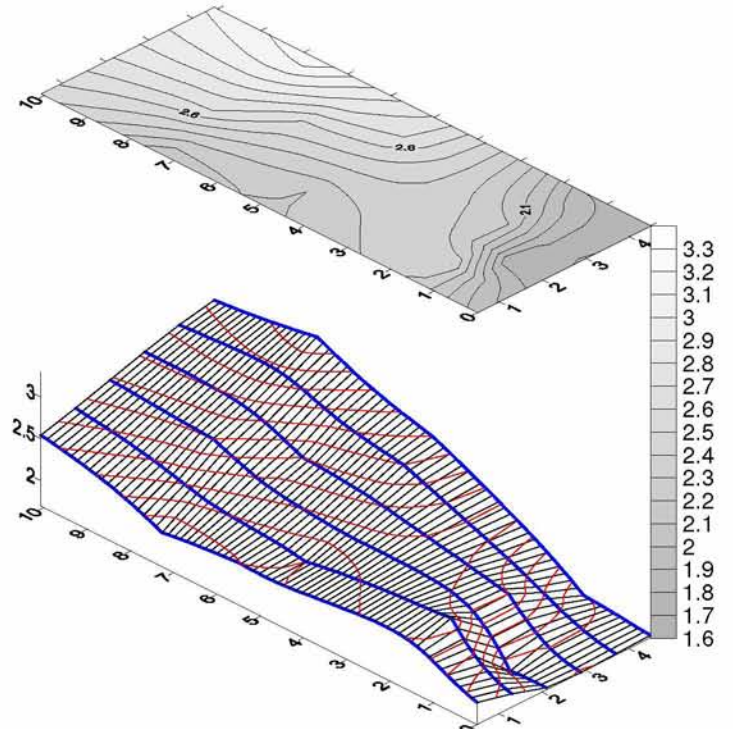
M5



M10

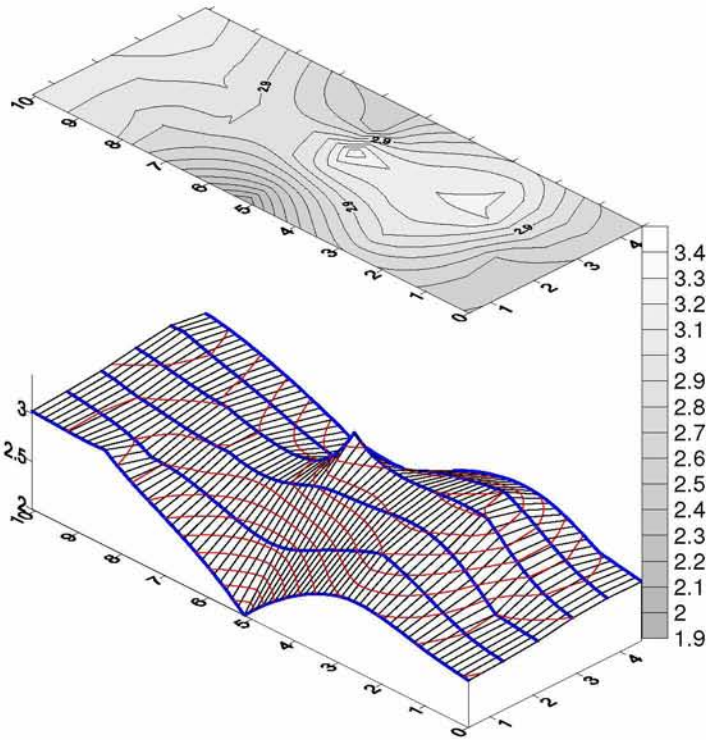


M14

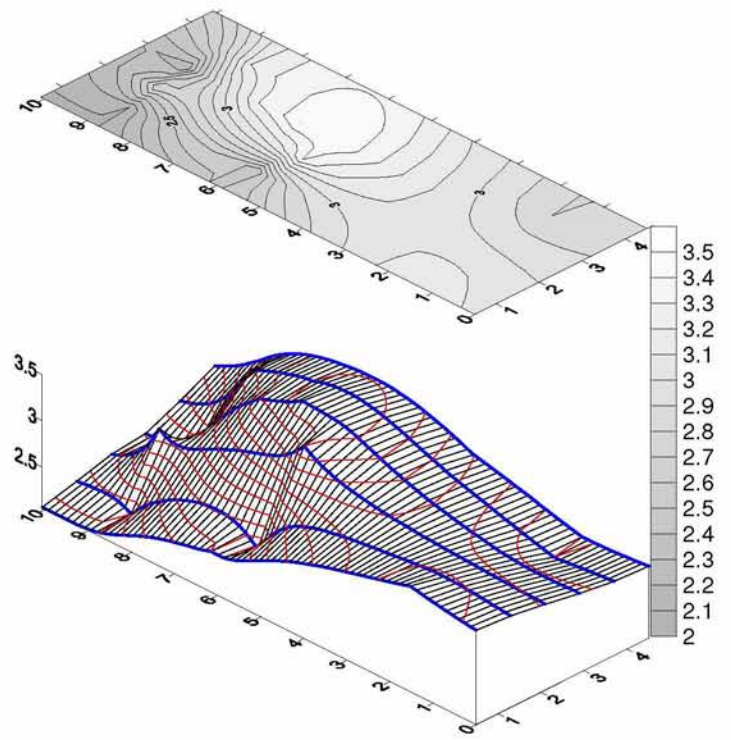


ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 27/9/2007

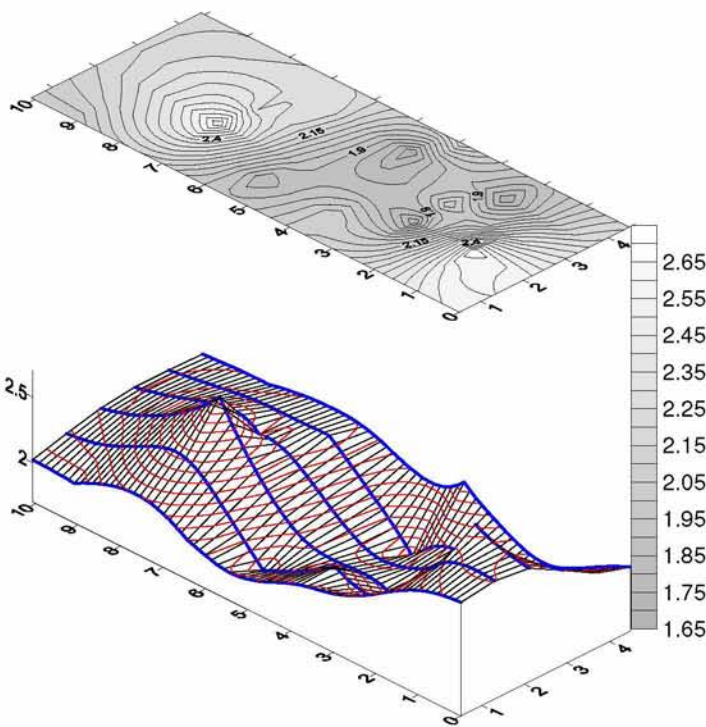
M4



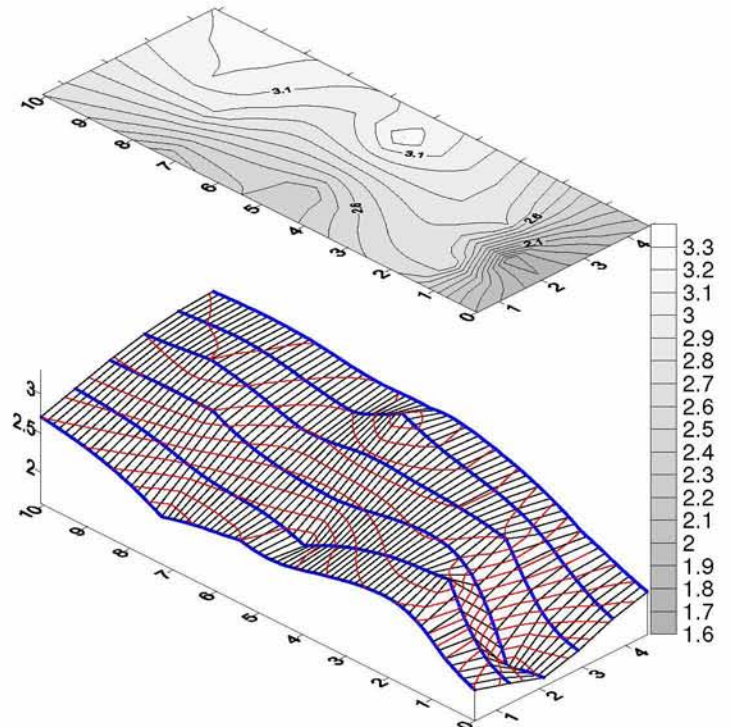
M5



M10



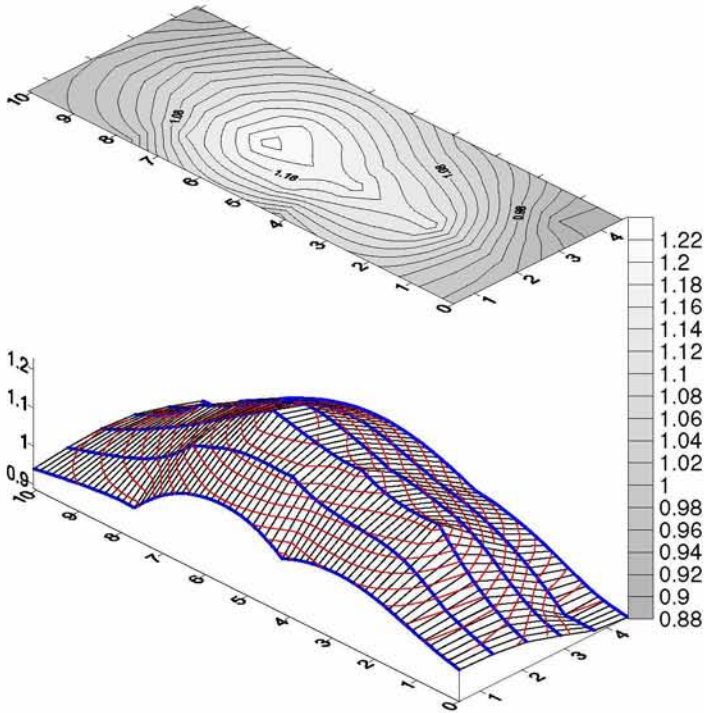
M14



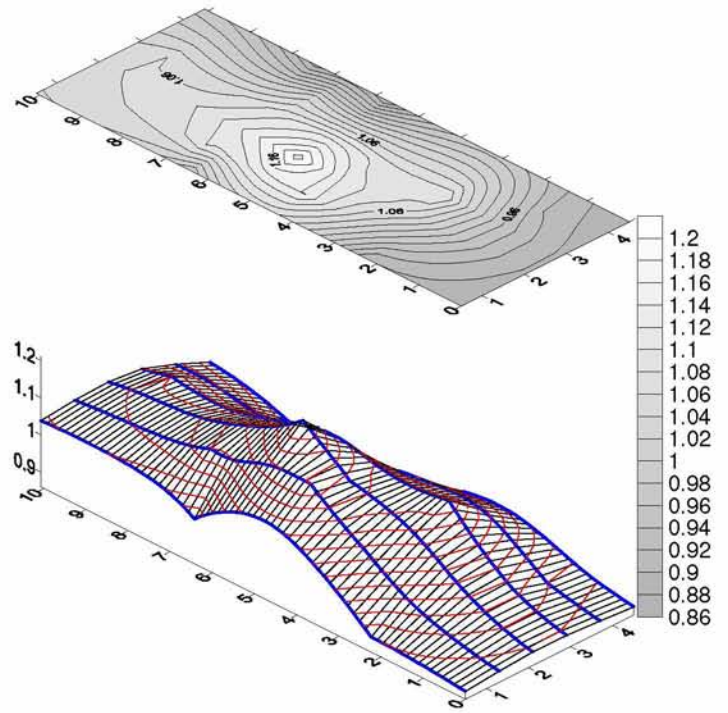
ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ – ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ

ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 4^Η ΚΟΠΗ 7/9/2005

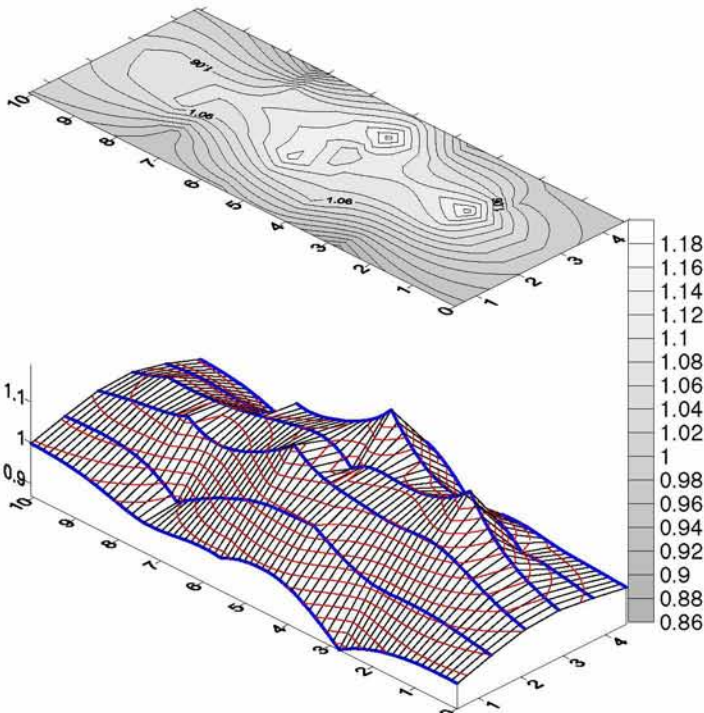
E2



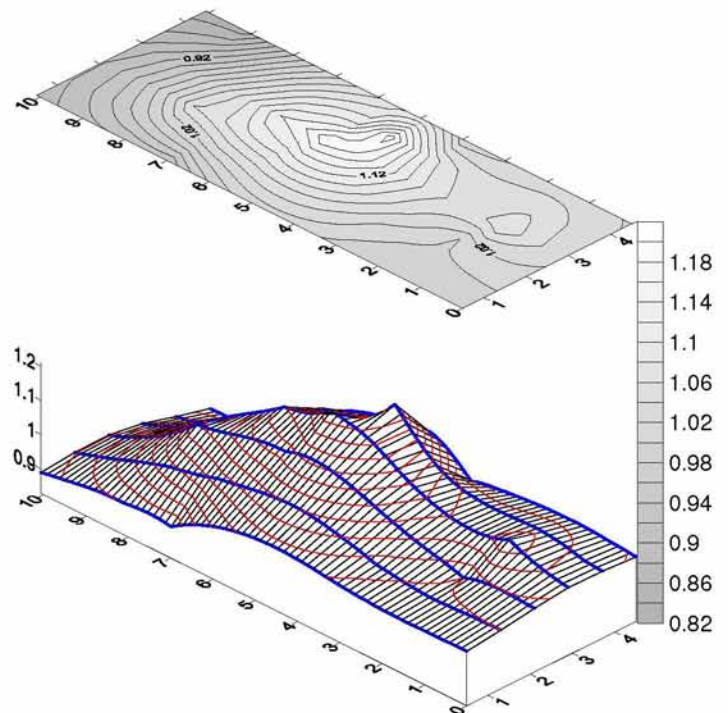
E8



E9



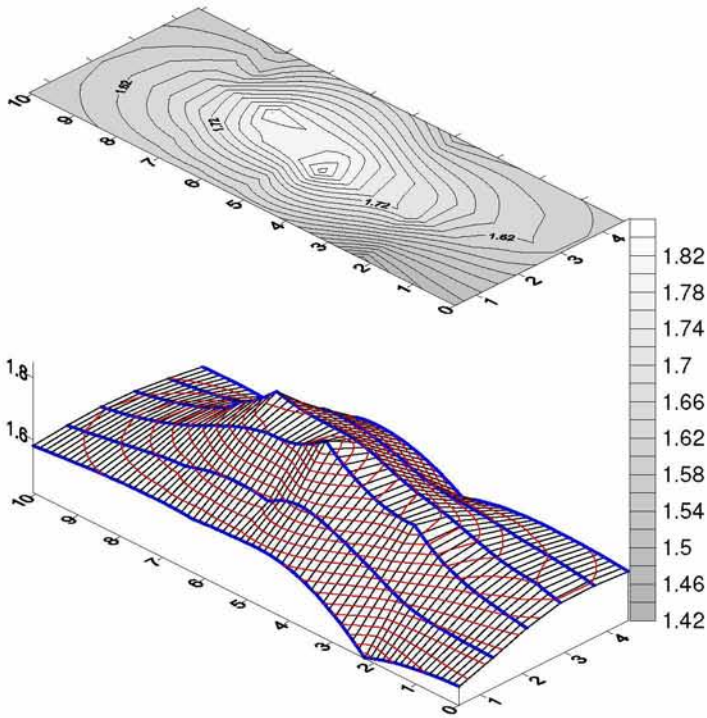
E16



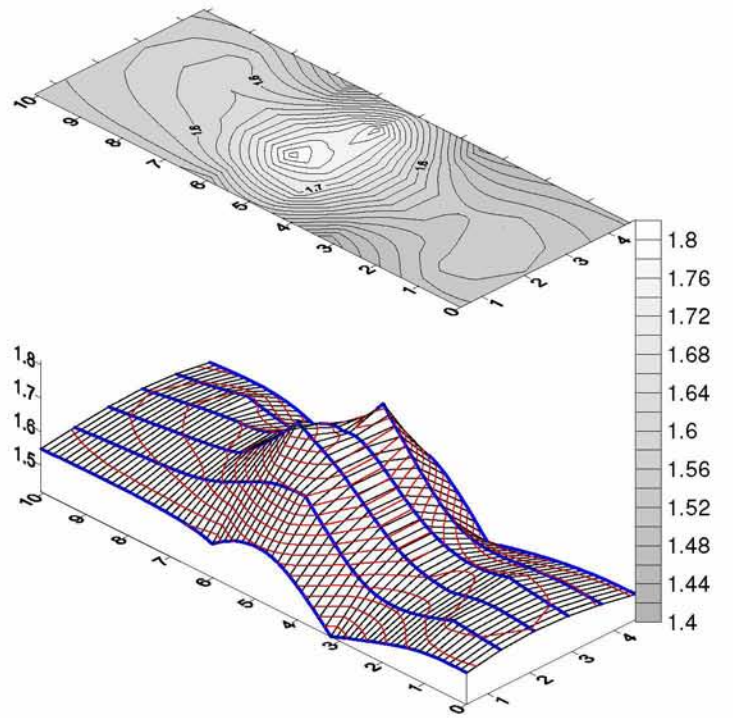
***Παρουσιάζονται στο παράρτημα ενδεικτικά οι δύο από τις συνολικά έξι μετρήσεις της χλωρής και της ξηρής βιομάζας για το σύνολο των μεταχειρίσεων και των ετών διεξαγωγής του πειράματος.**

ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 4^Η ΚΟΠΗ 7/9/2005

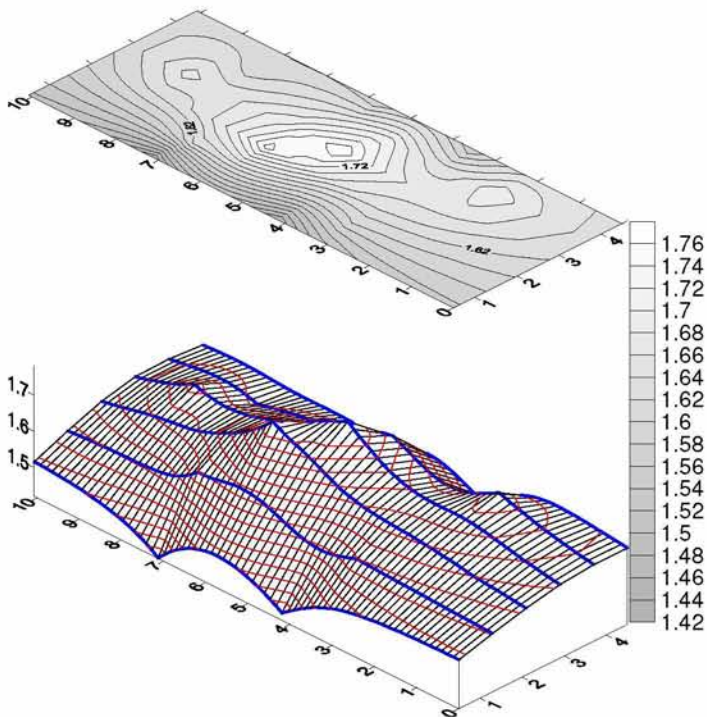
E3



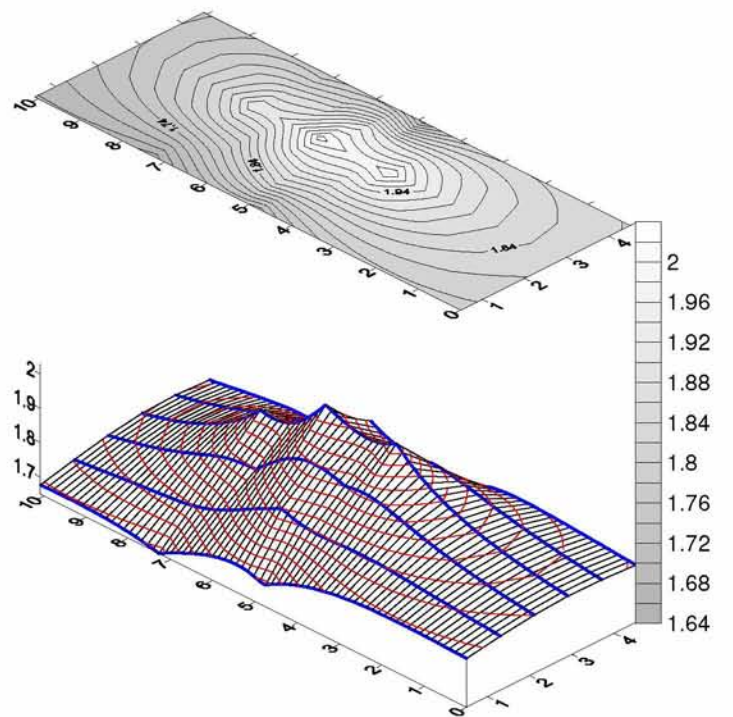
E7



E11

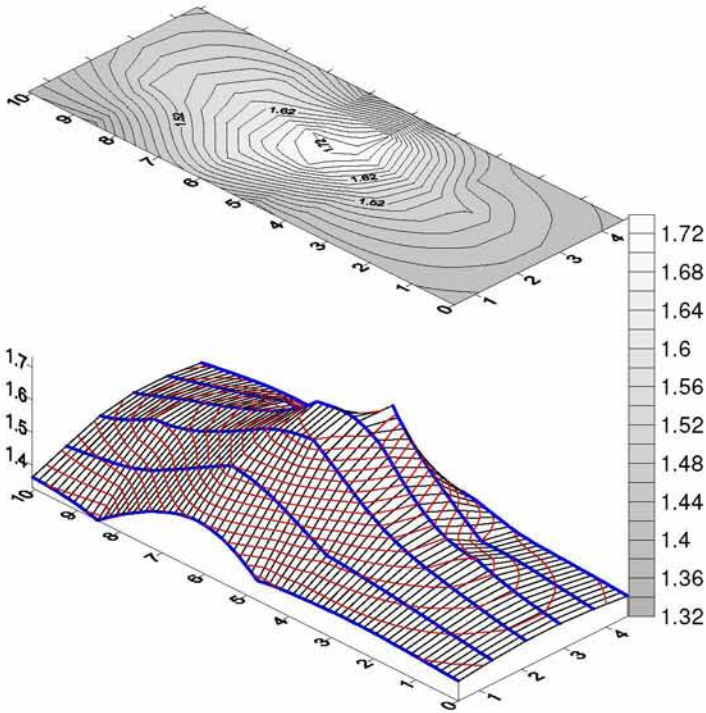


E13

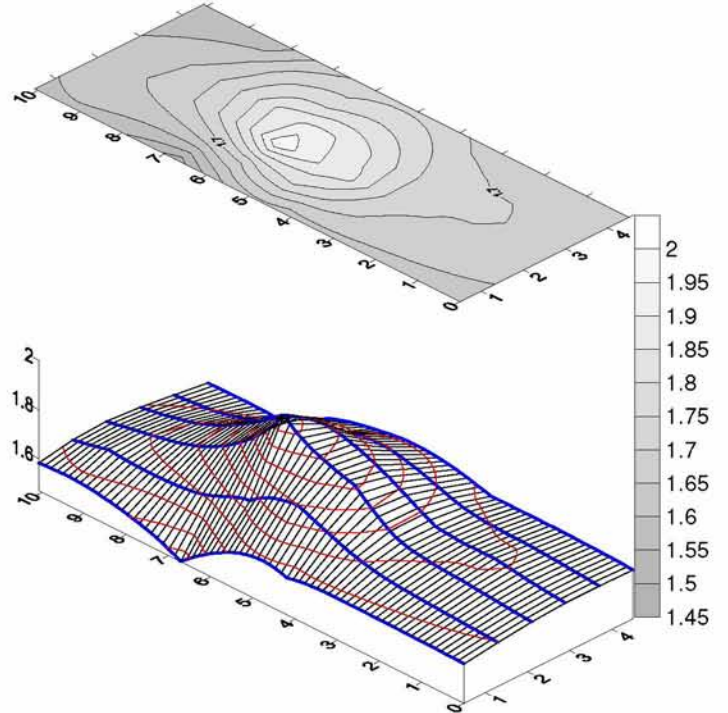


ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΥΠΟΓΕΙΑ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 4^Η ΚΟΠΗ 7/9/2005

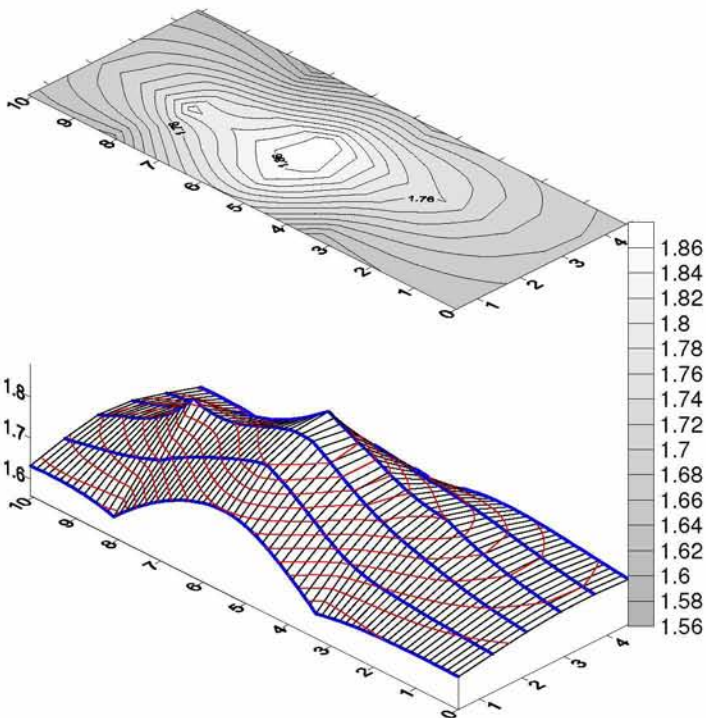
Υ1



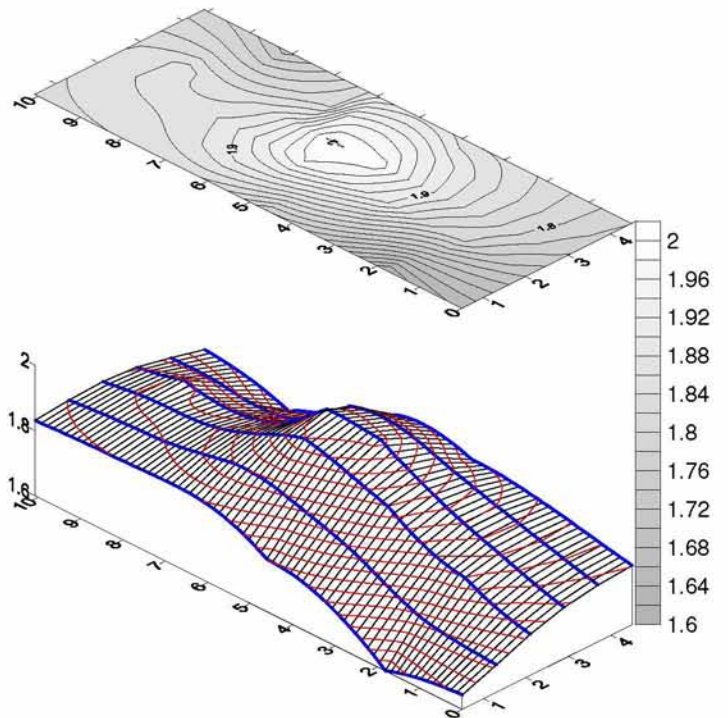
Υ6



Υ12

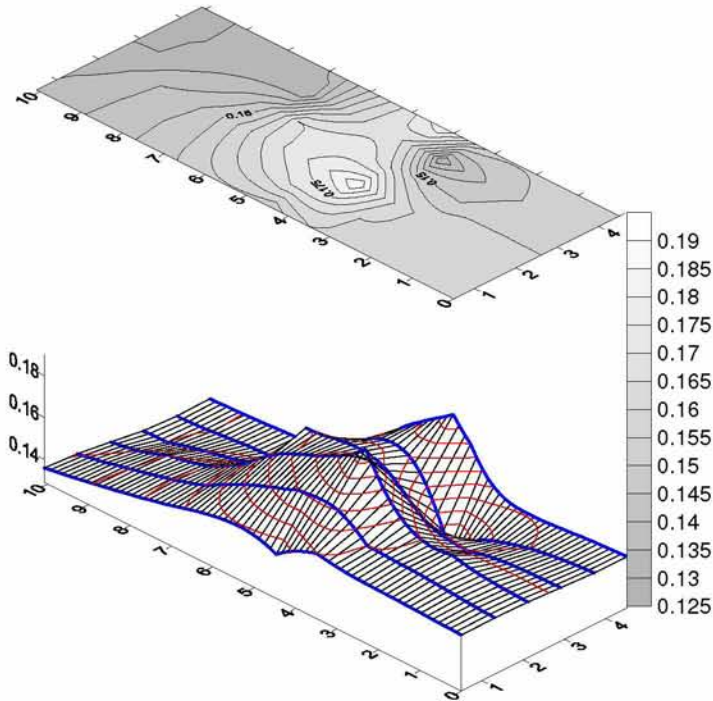


Υ15

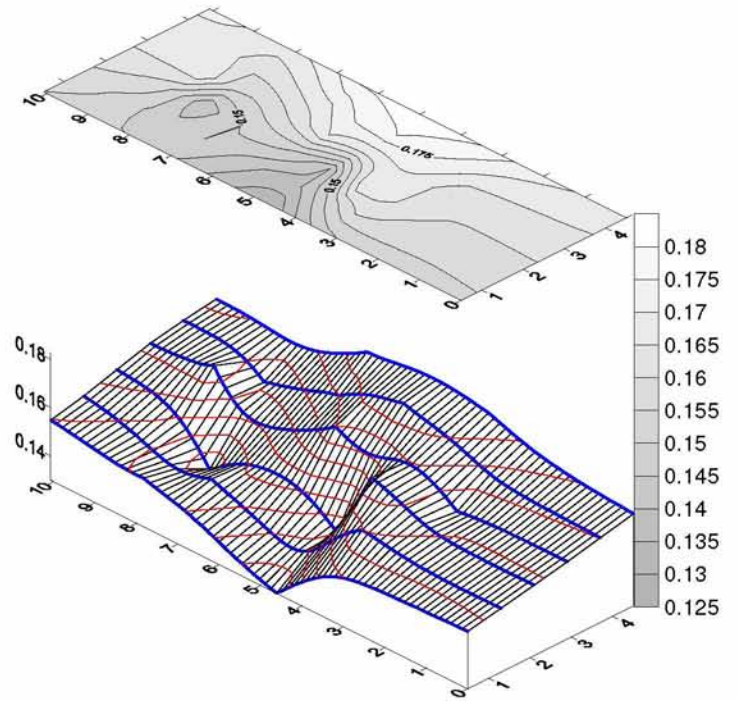


ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 4^Η ΚΟΠΗ 7/9/2005

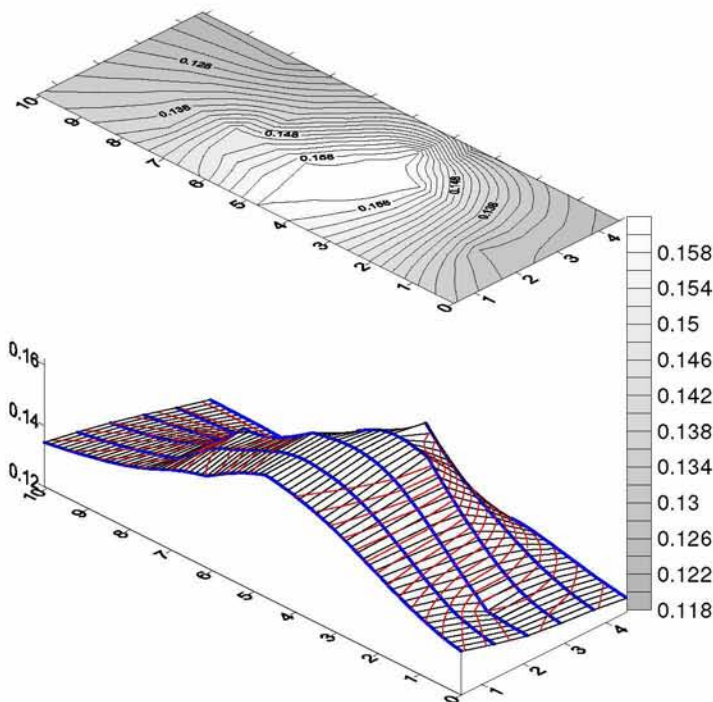
M4



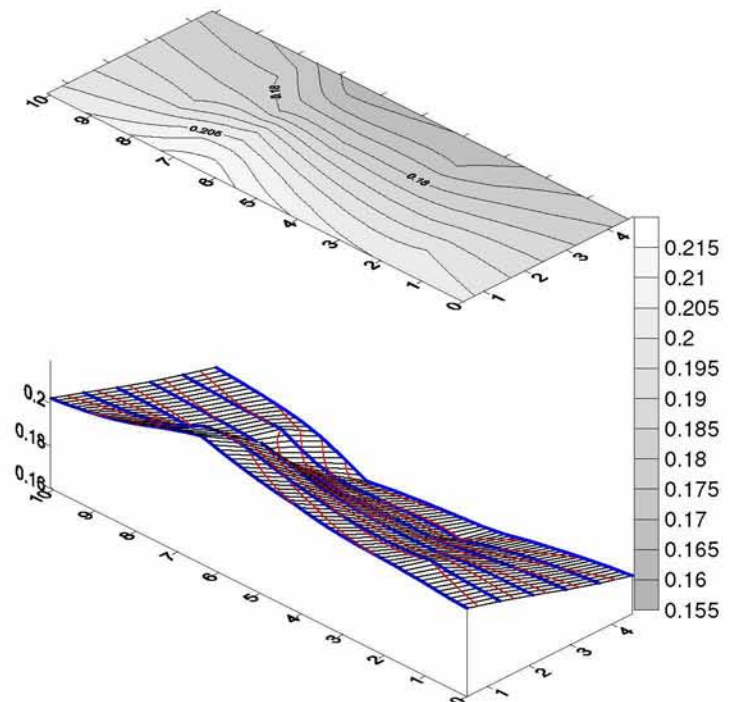
M5



M10

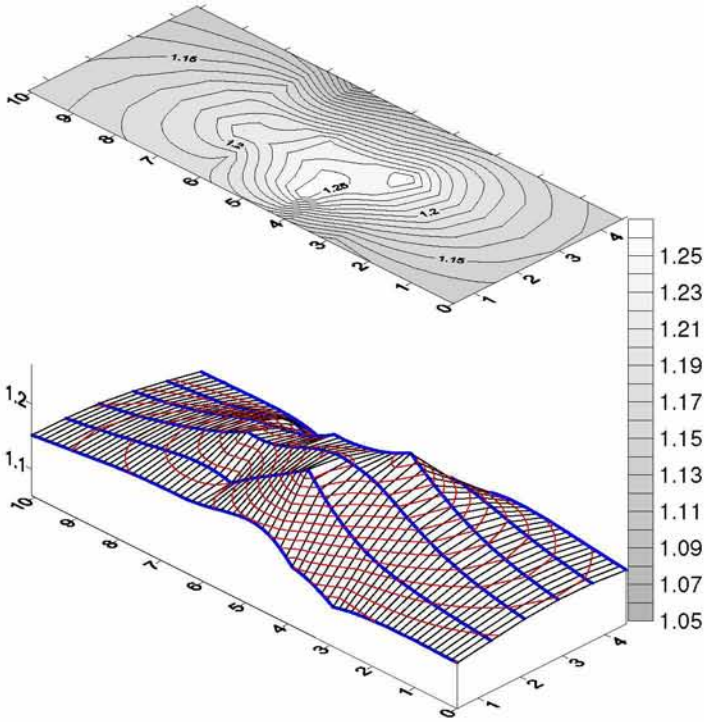


M14

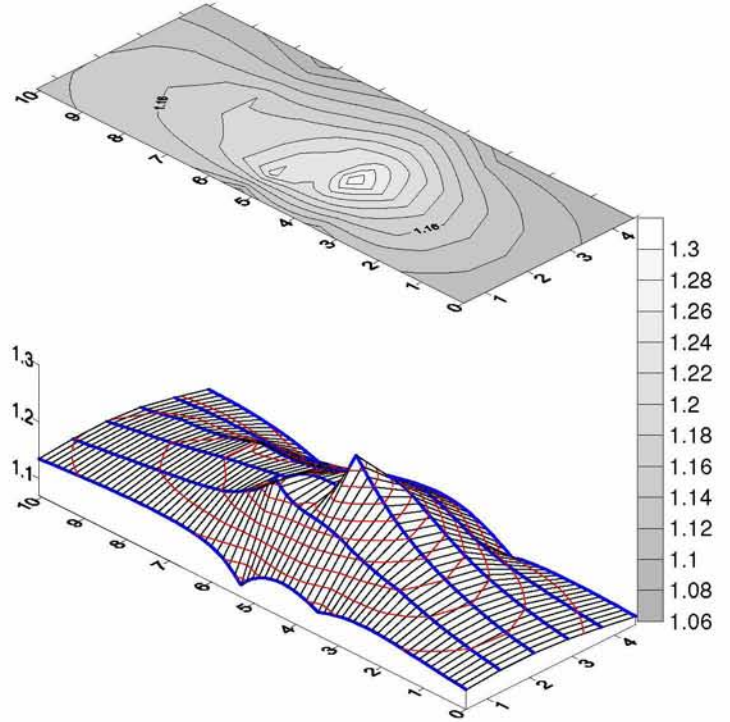


ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2005

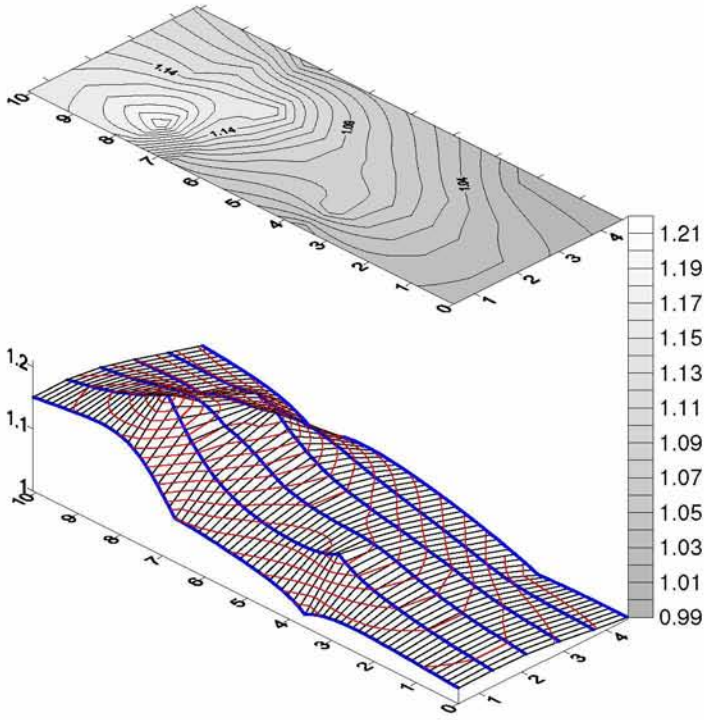
E2



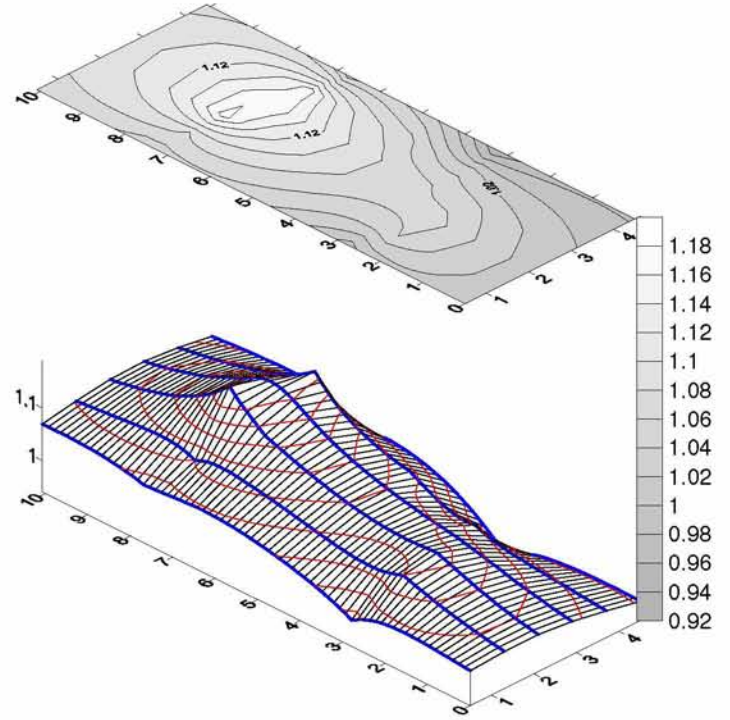
E8



E9

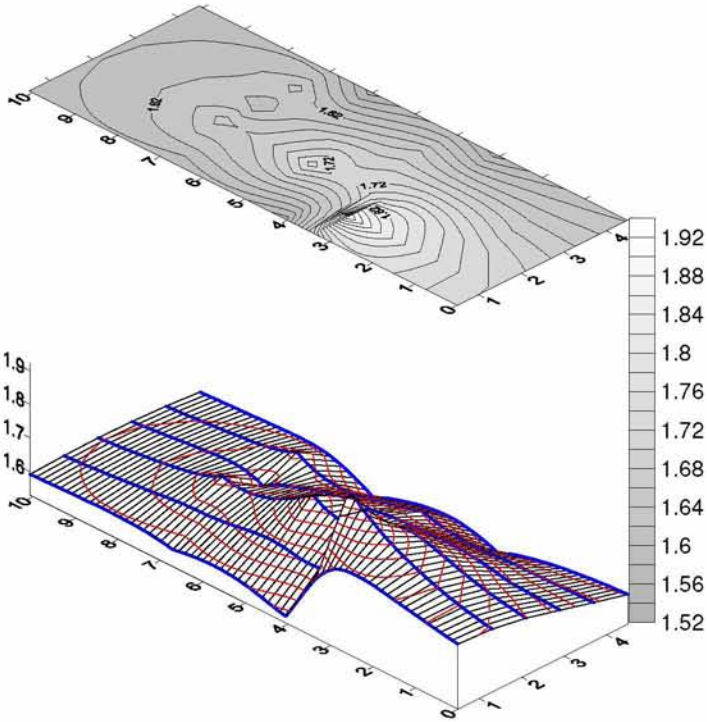


E16

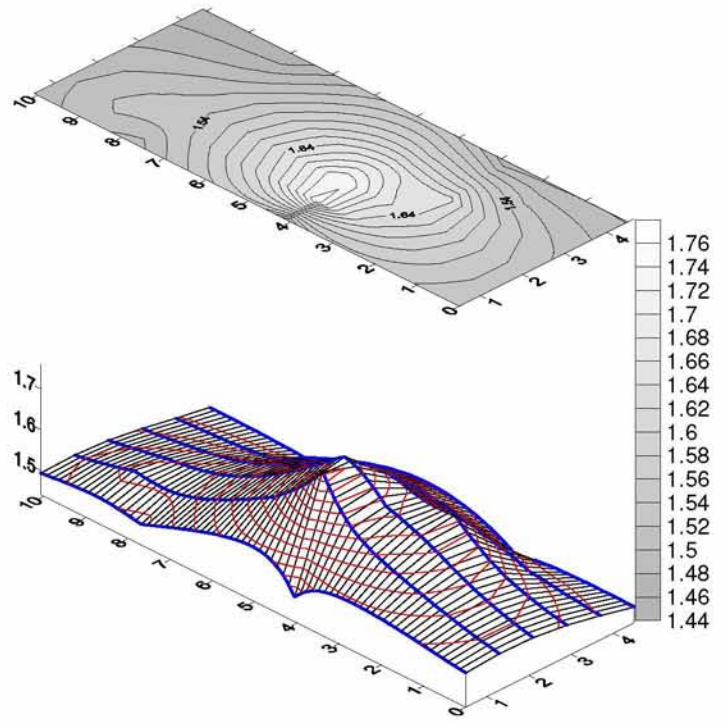


ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2005

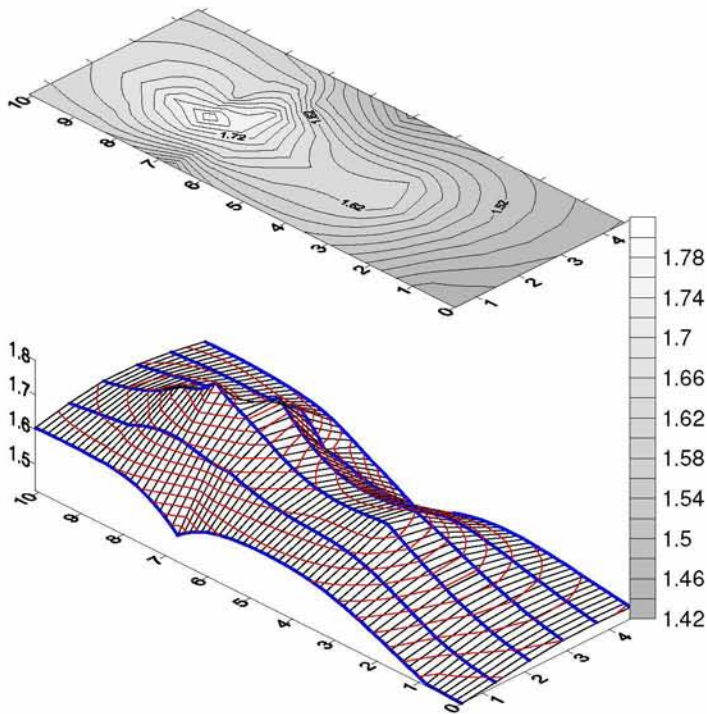
E3



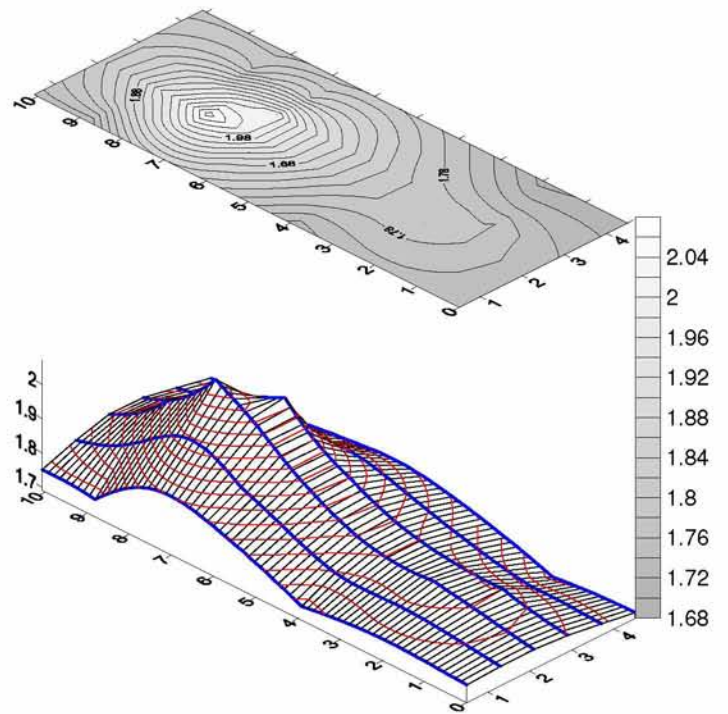
E7



E11

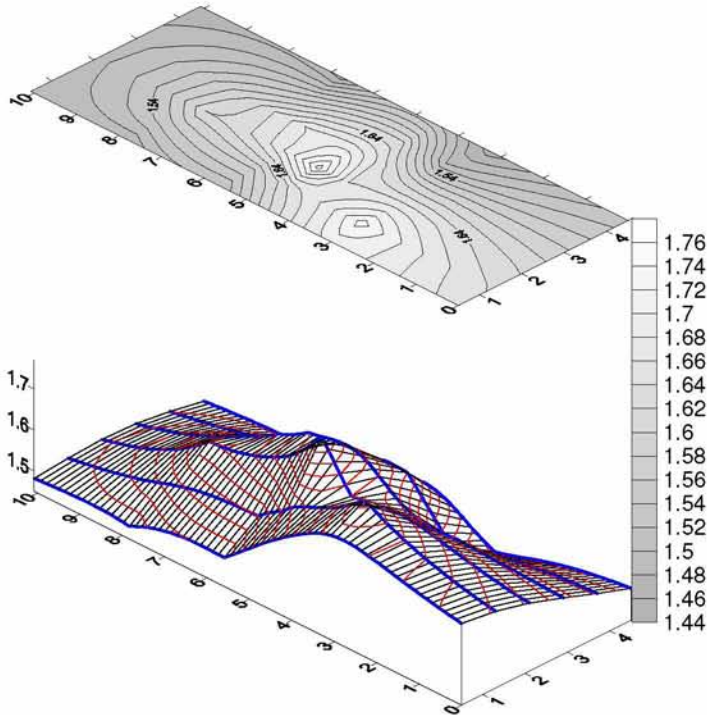


E13

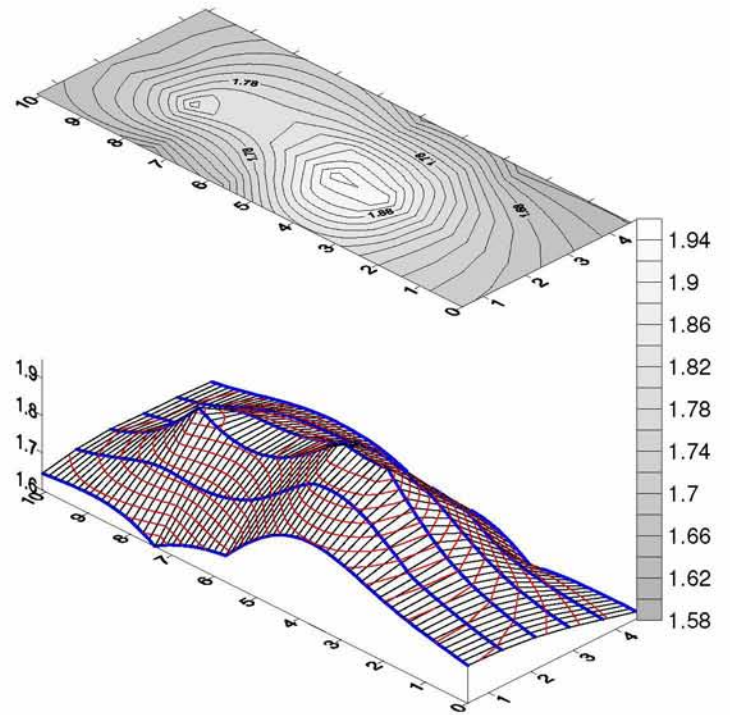


ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΥΠΟΓΕΙΑ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2005

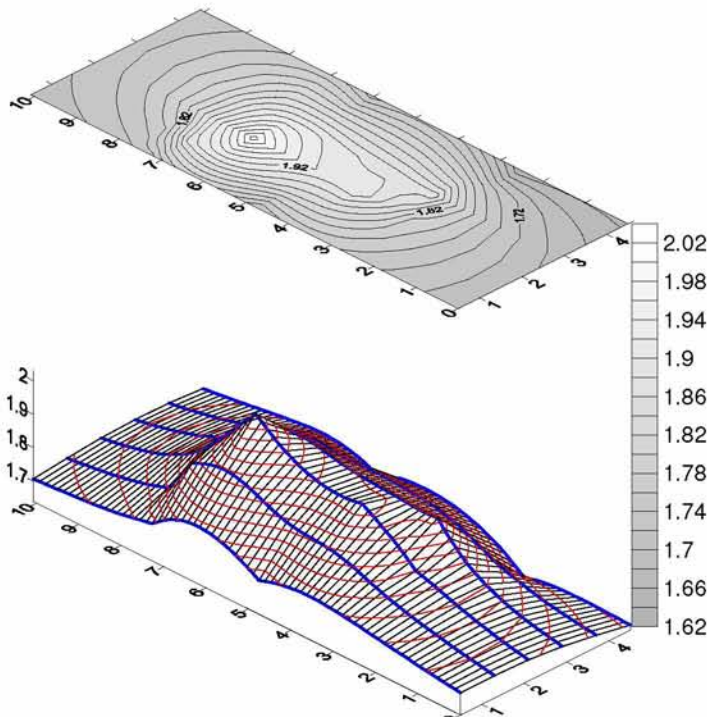
Υ1



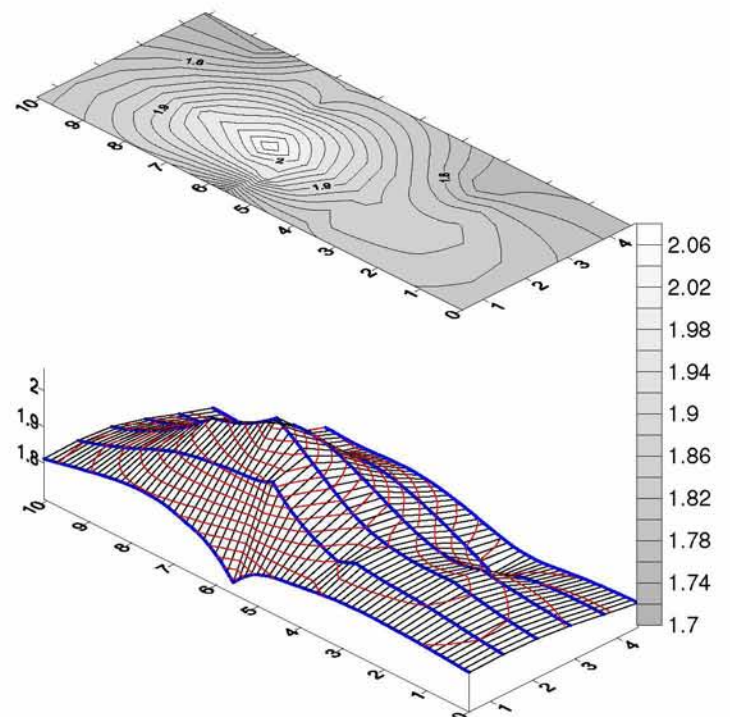
Υ6



Υ12

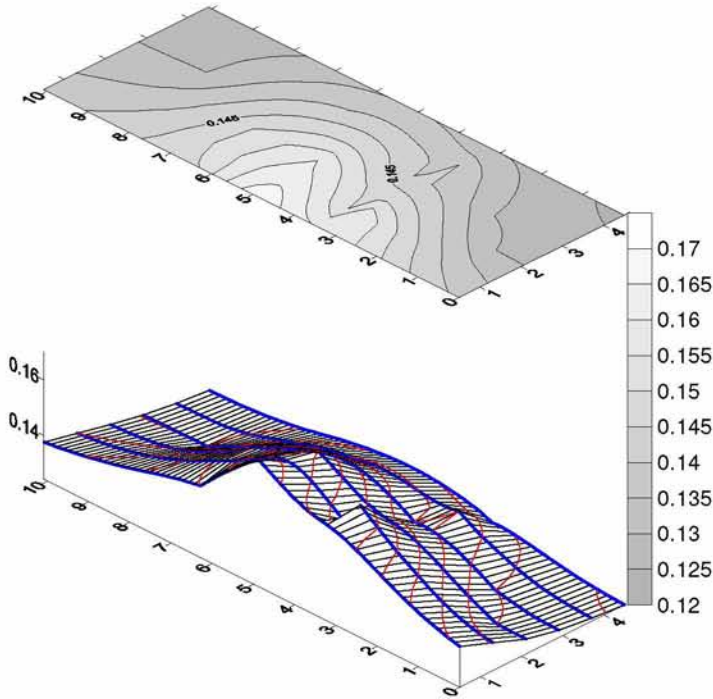


Υ15

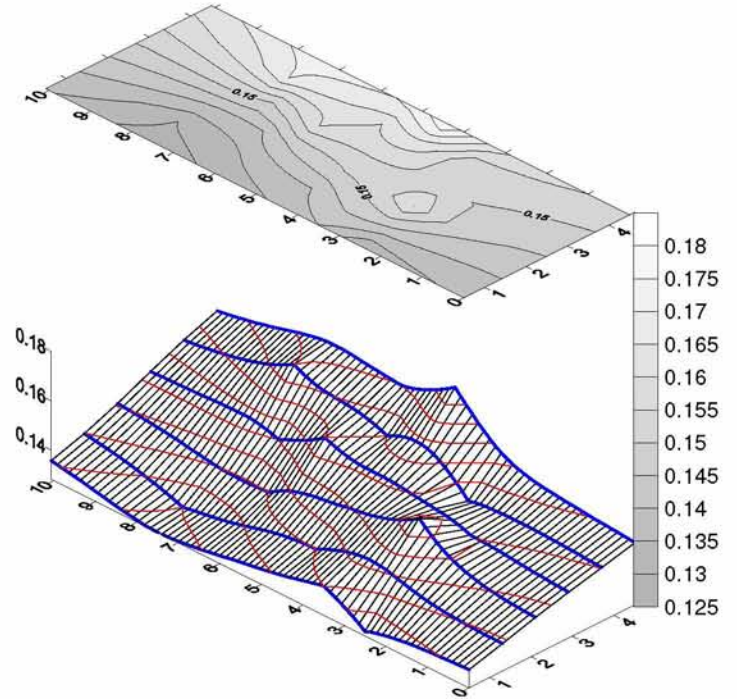


ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2005

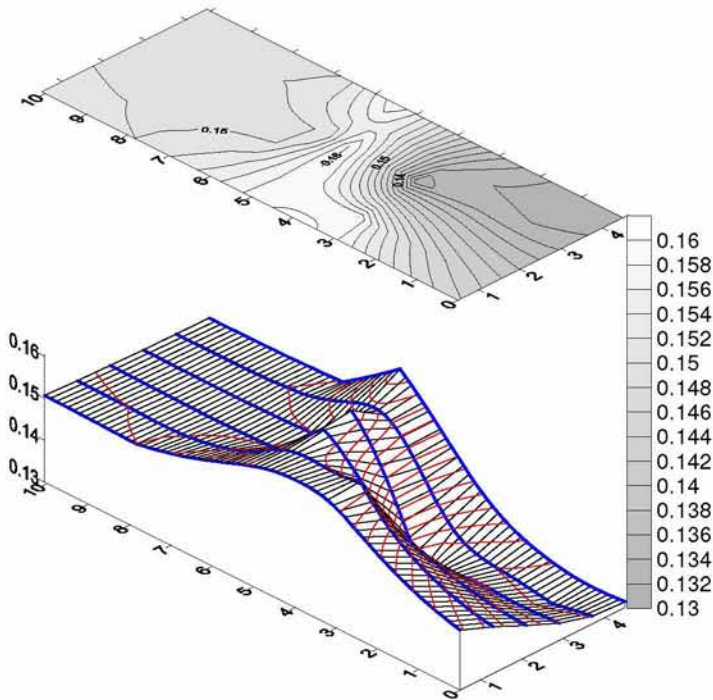
M4



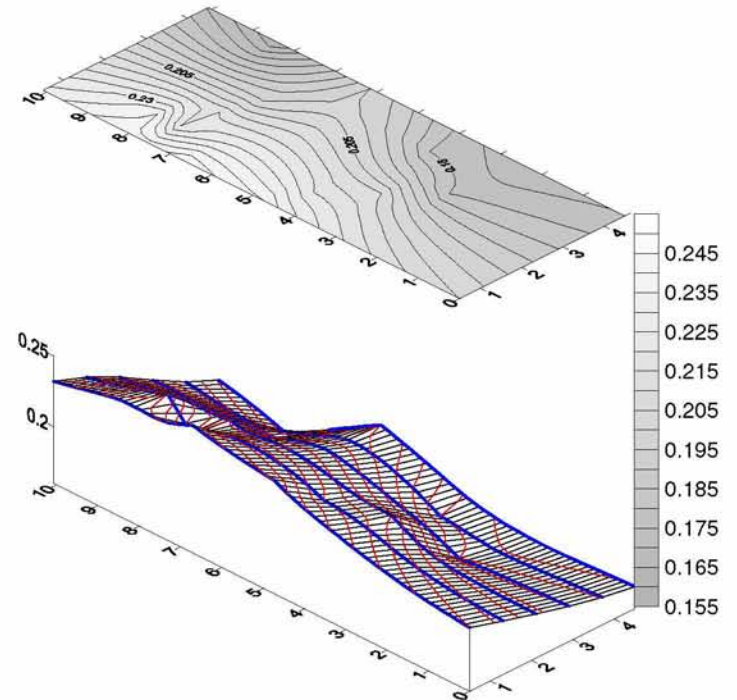
M5



M10

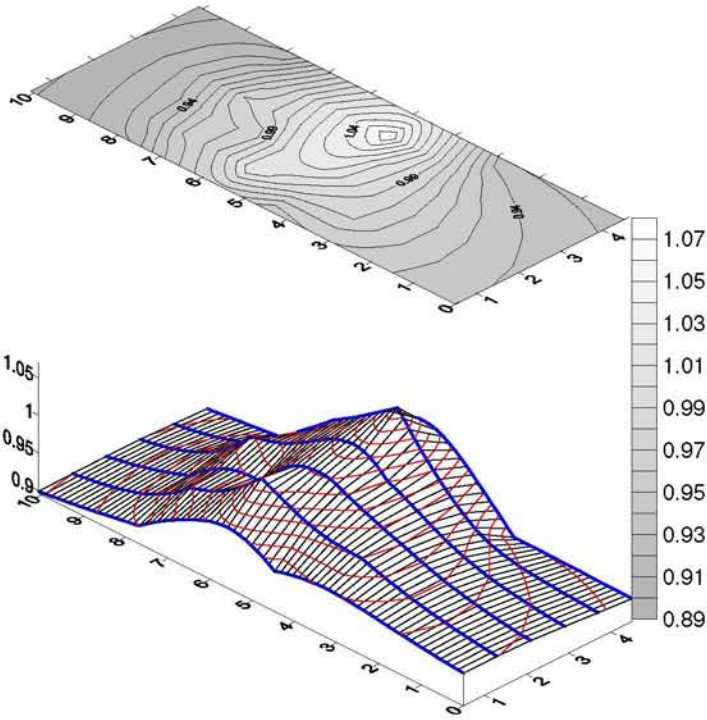


M14

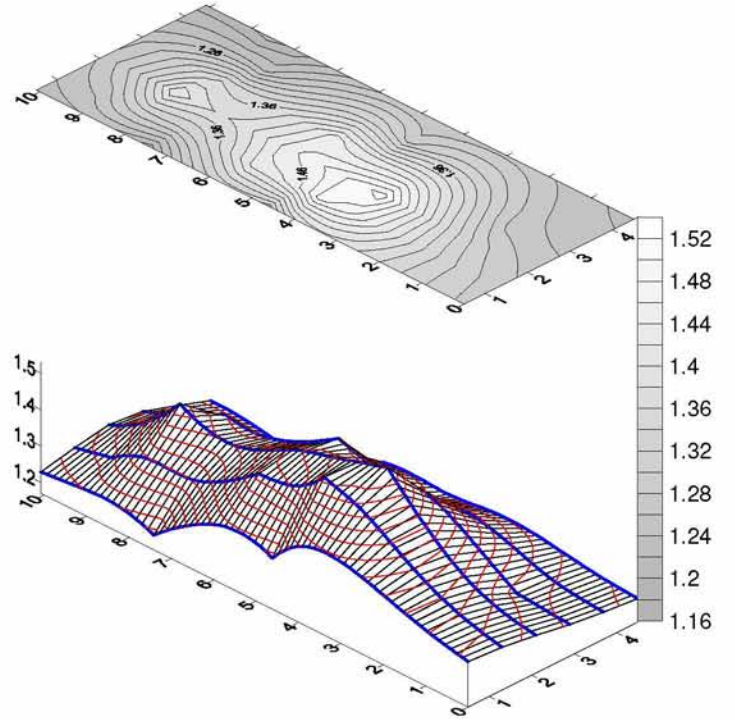


ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 4^Η ΚΟΠΗ 7/9/2006

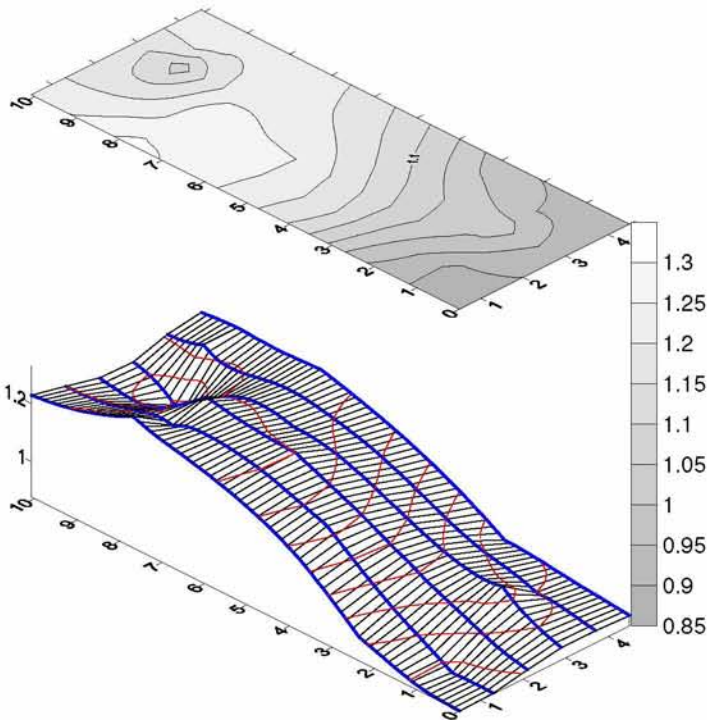
E2



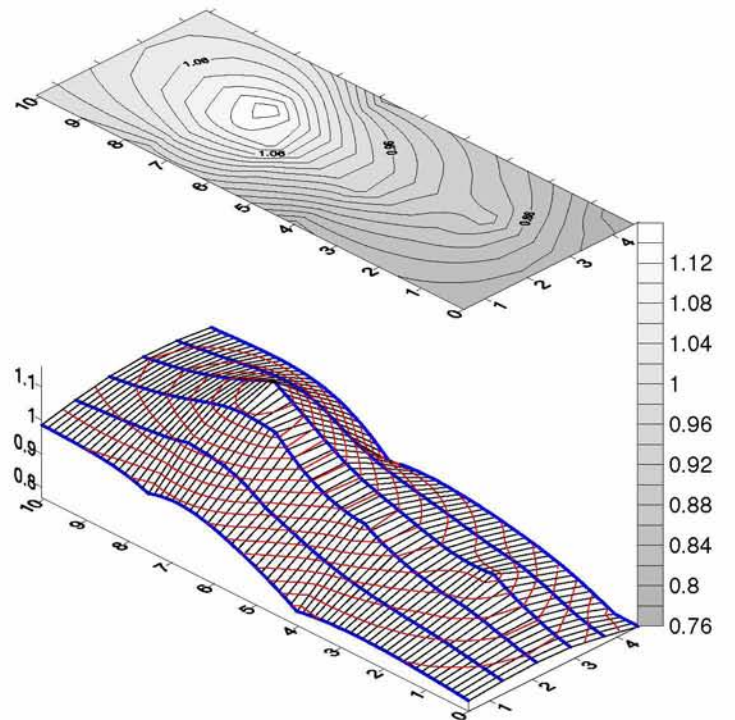
E8



E9

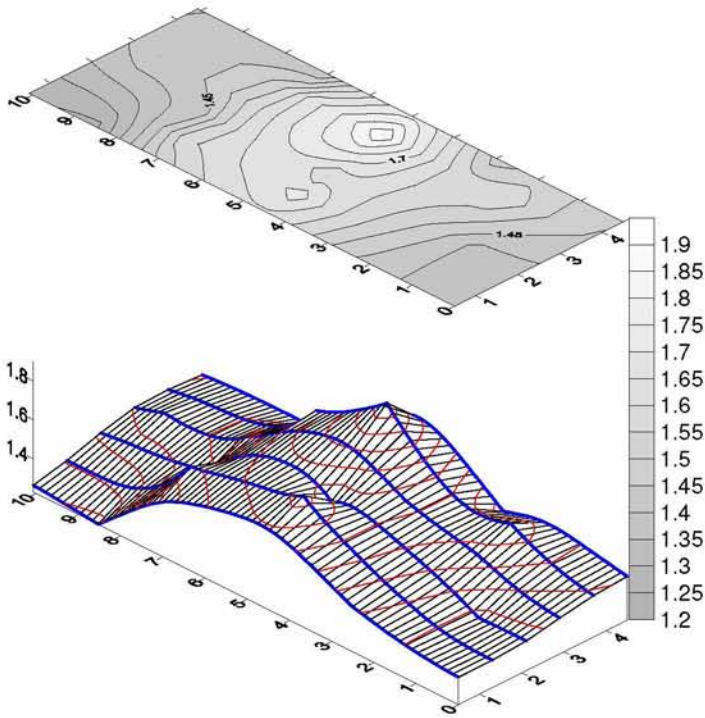


E16

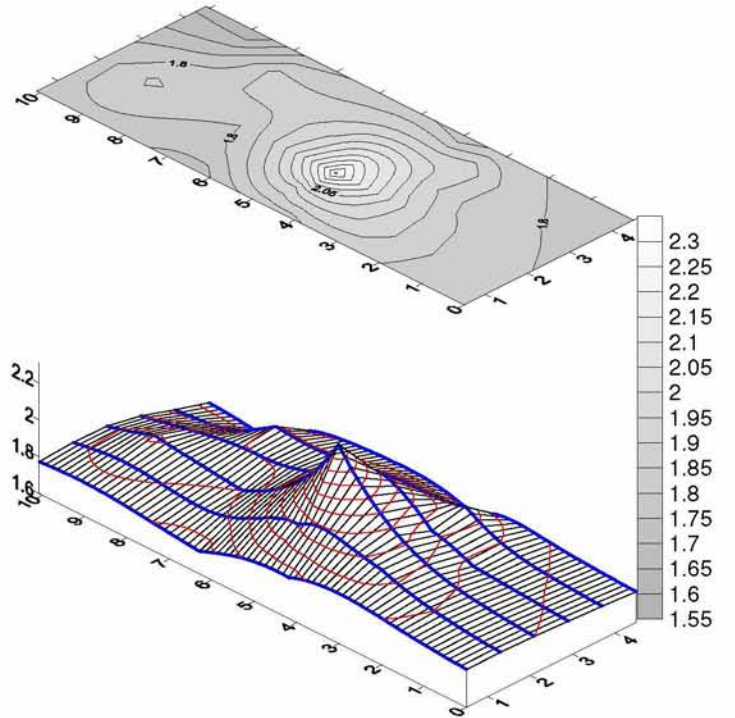


ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 4^Η ΚΟΠΗ 7/9/2006

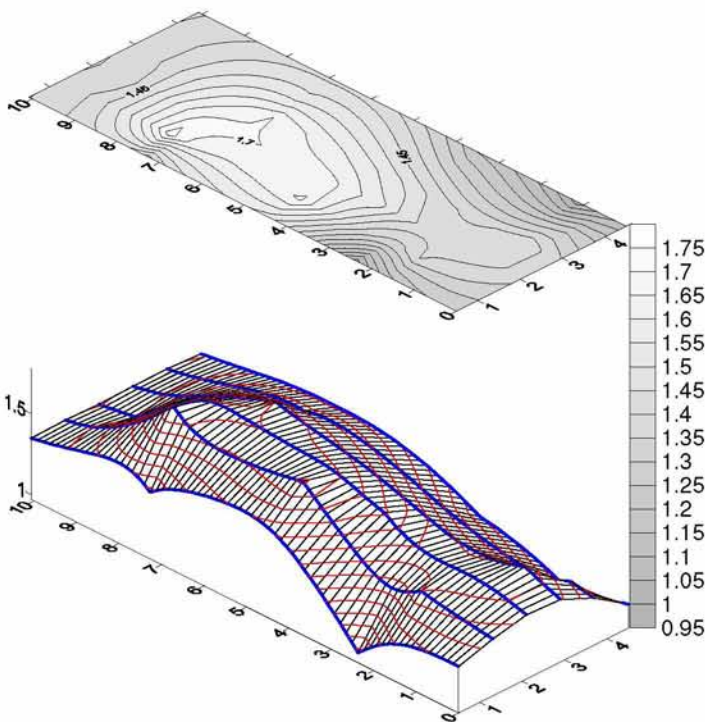
E3



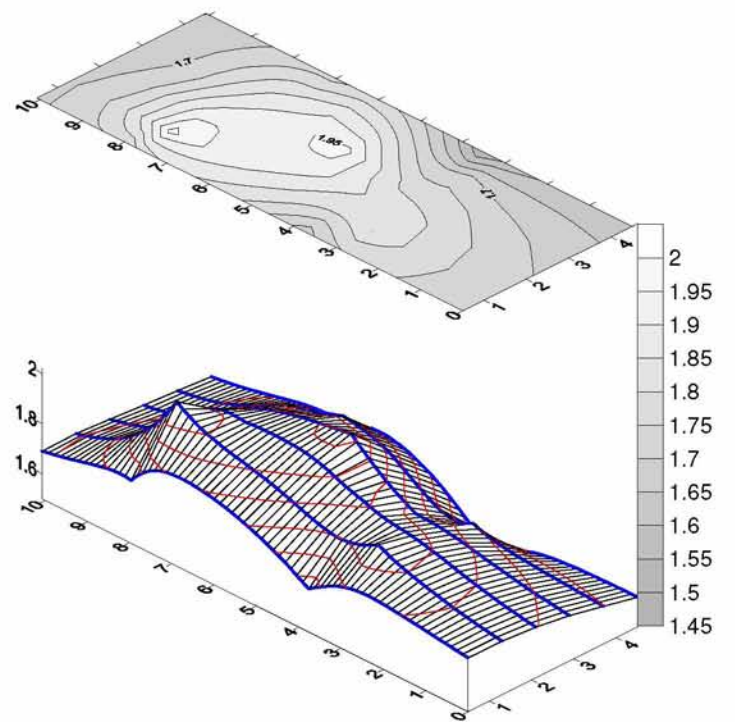
E7



E11

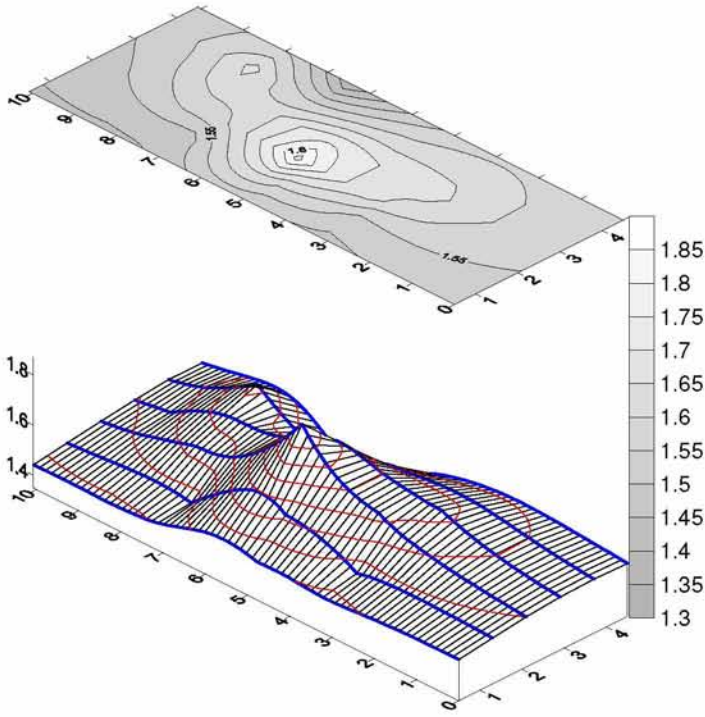


E13

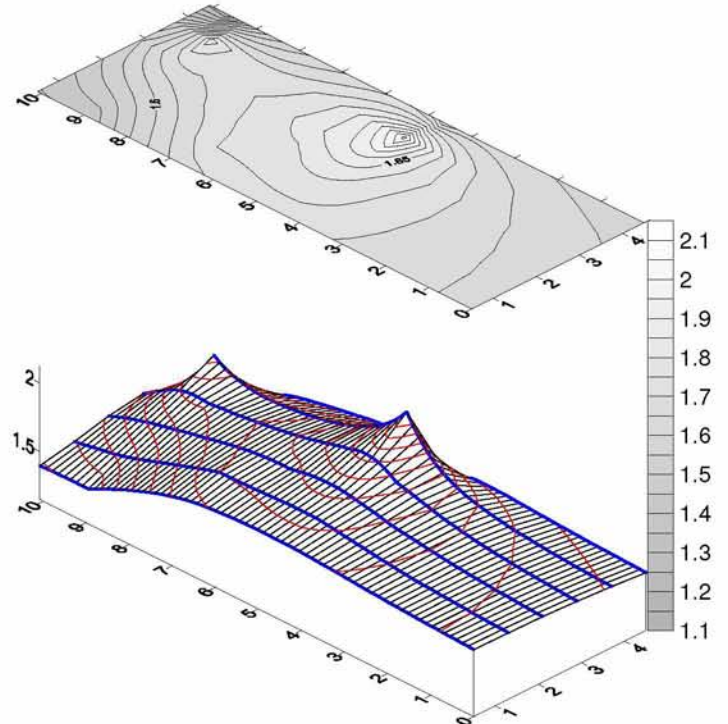


ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΥΠΟΓΕΙΑ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 4^Η ΚΟΠΗ 7/9/2006

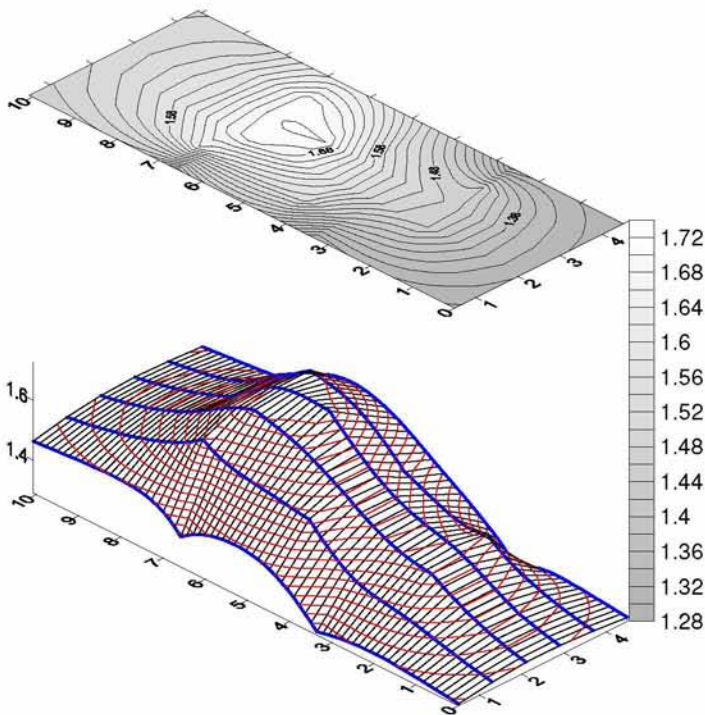
Υ1



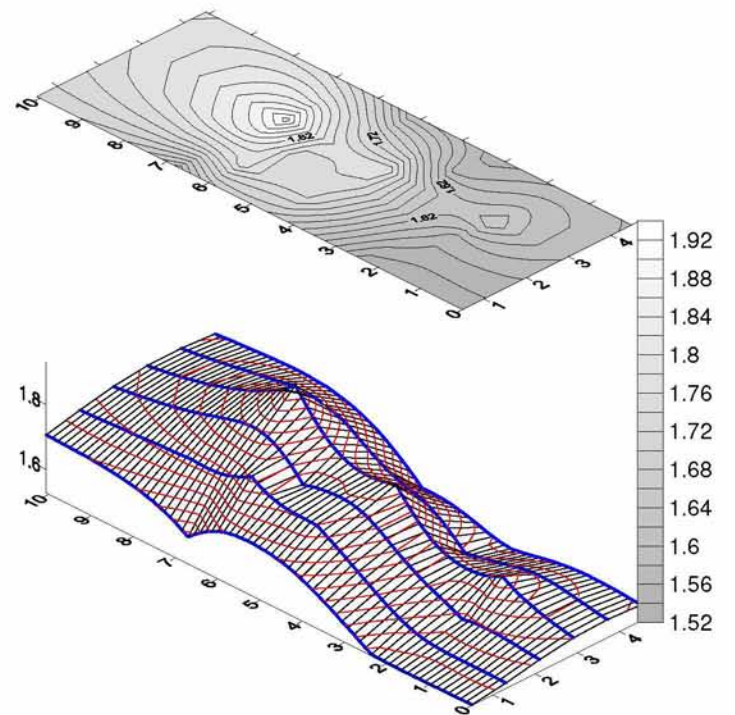
Υ6



Υ12

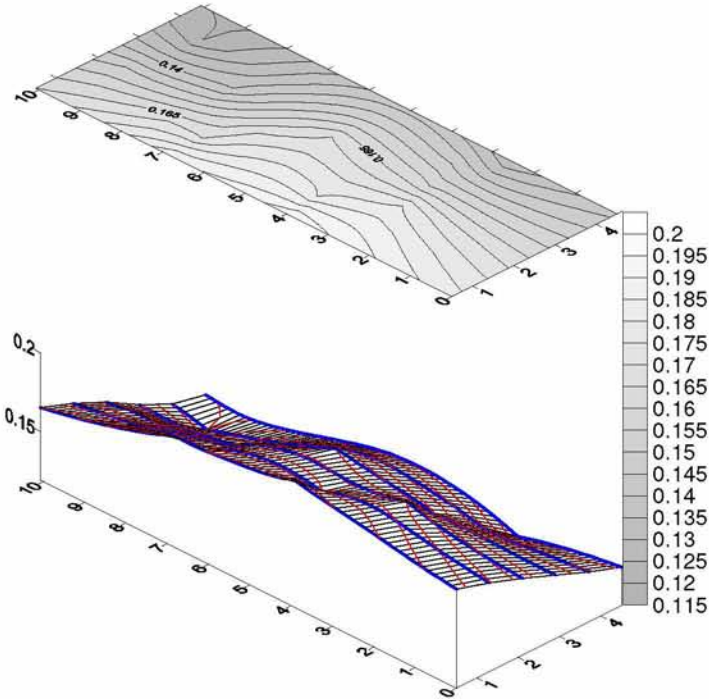


Υ15

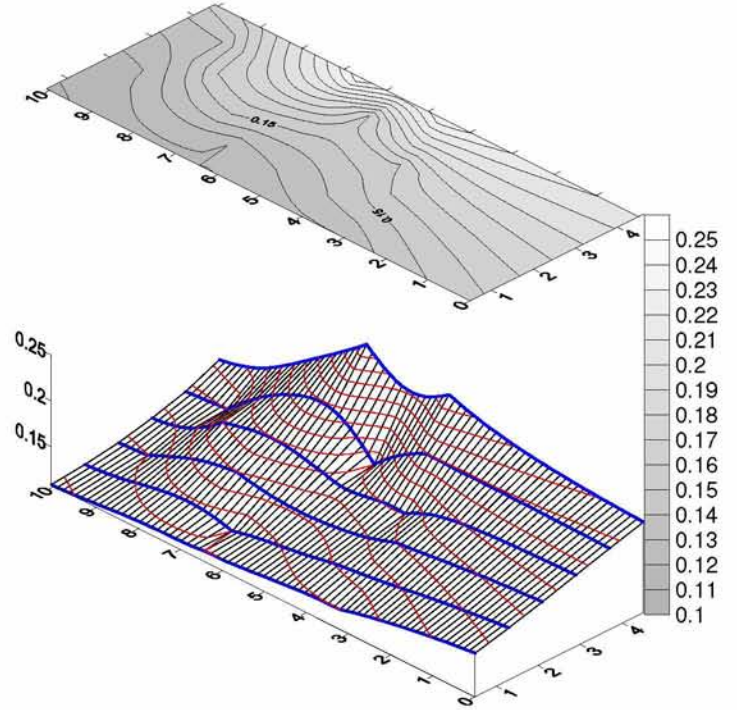


ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 4^Η ΚΟΠΗ 7/9/2006

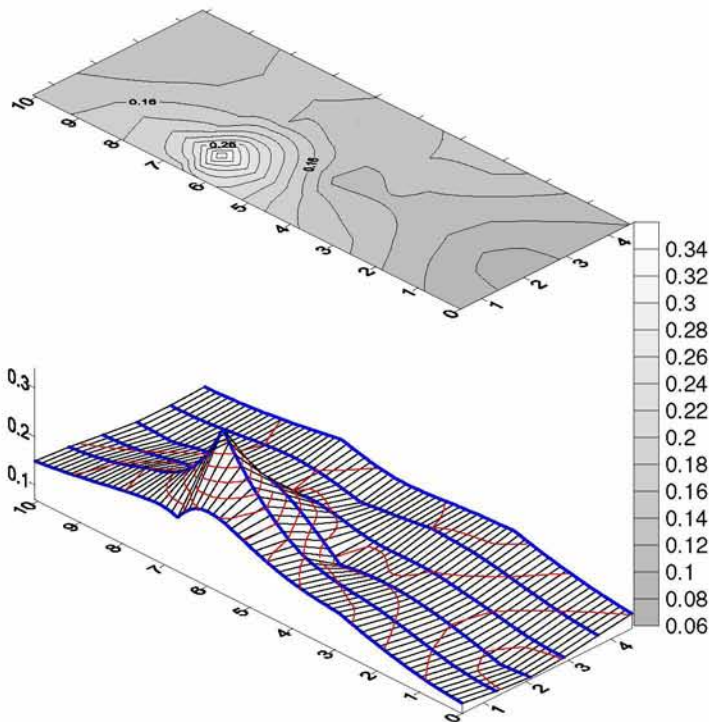
M4



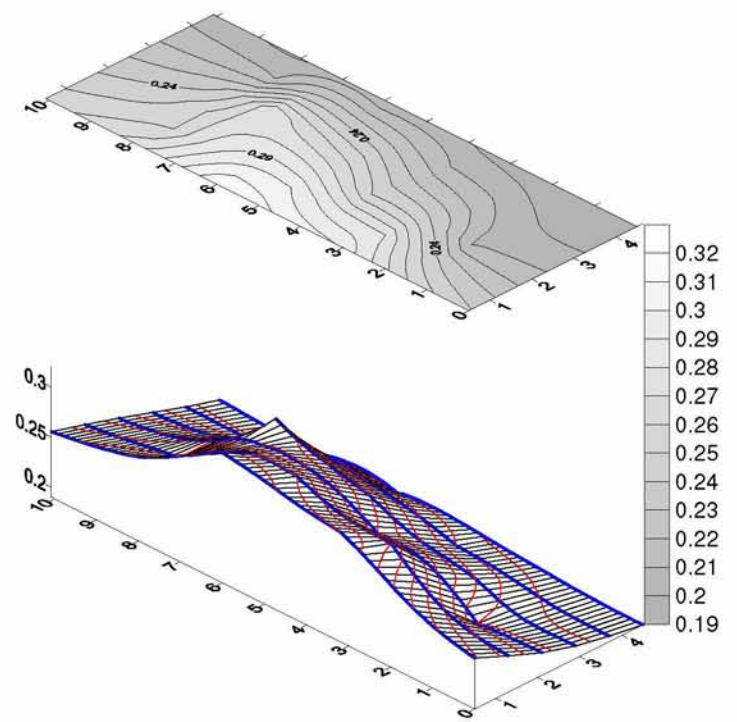
M5



M10

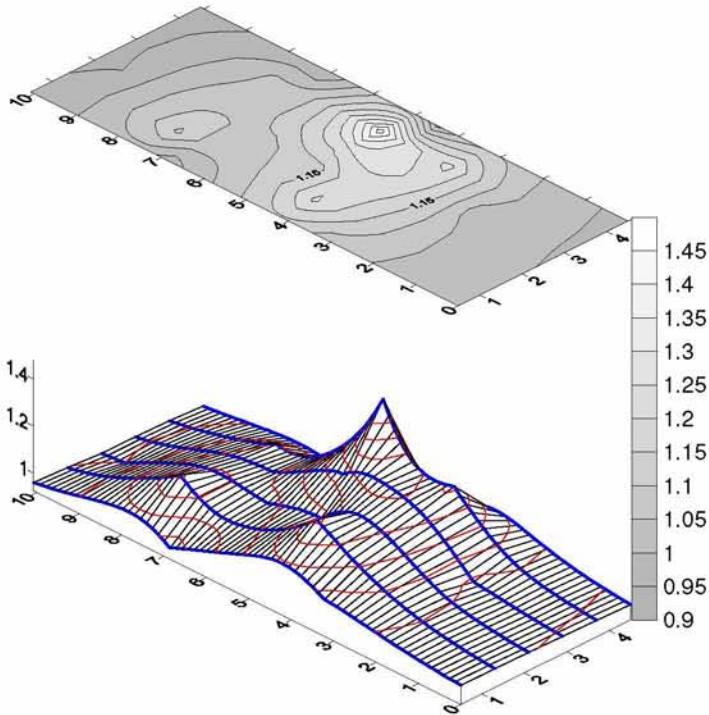


M14

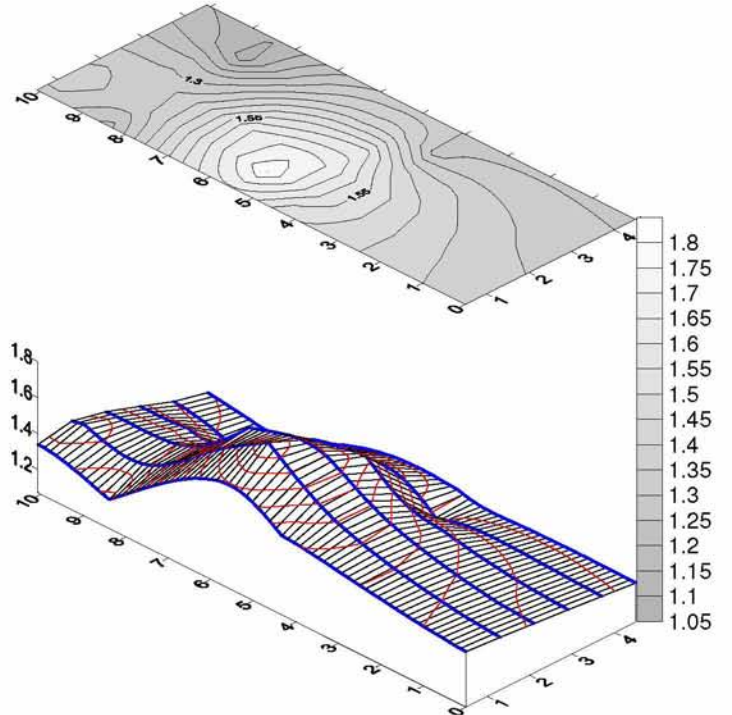


ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2006

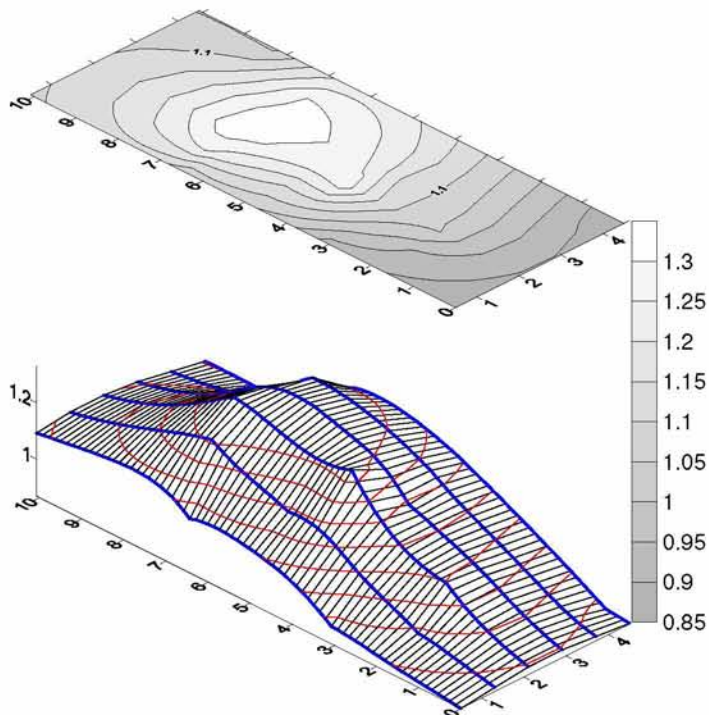
E2



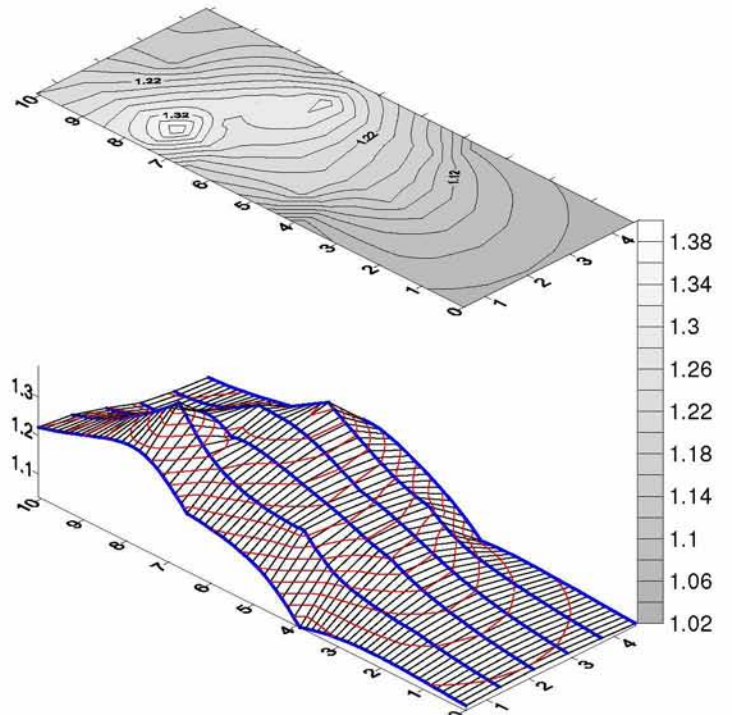
E8



E9

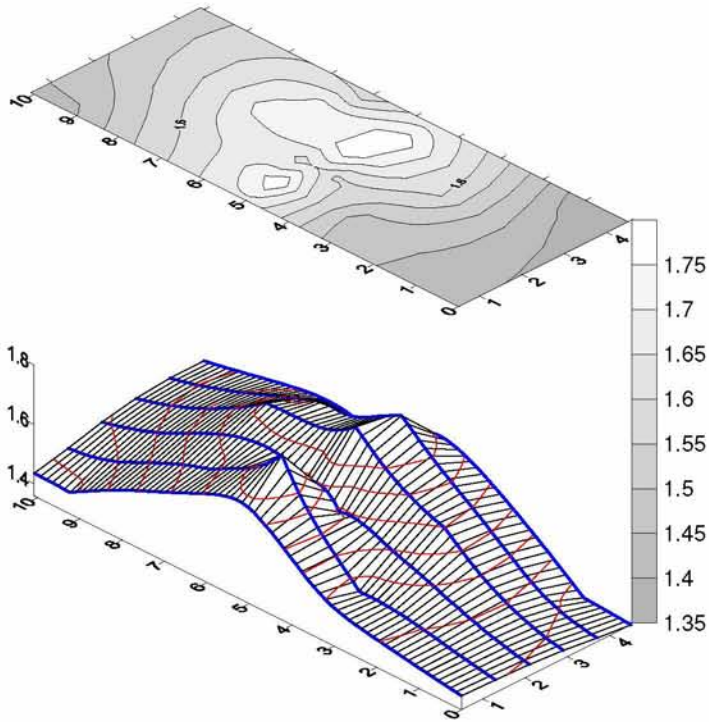


E16

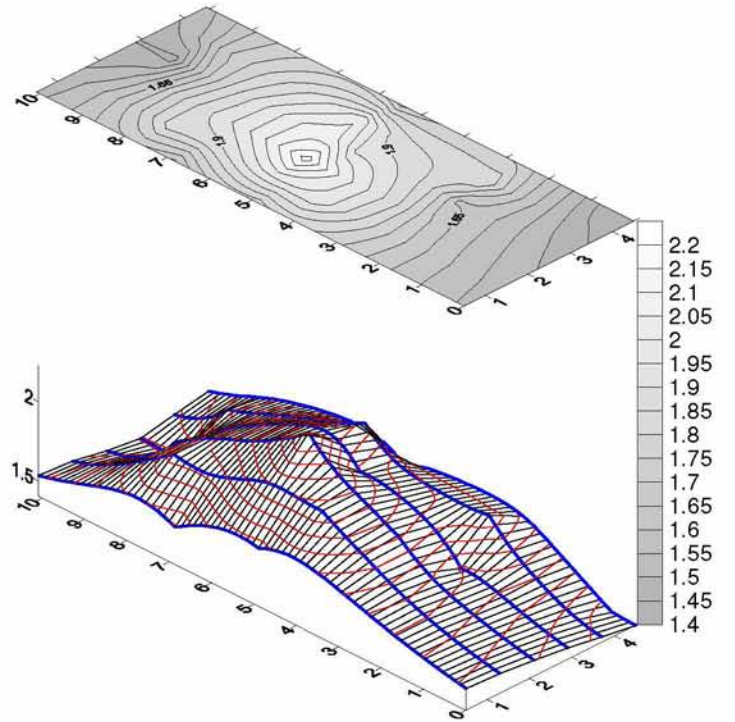


ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2006

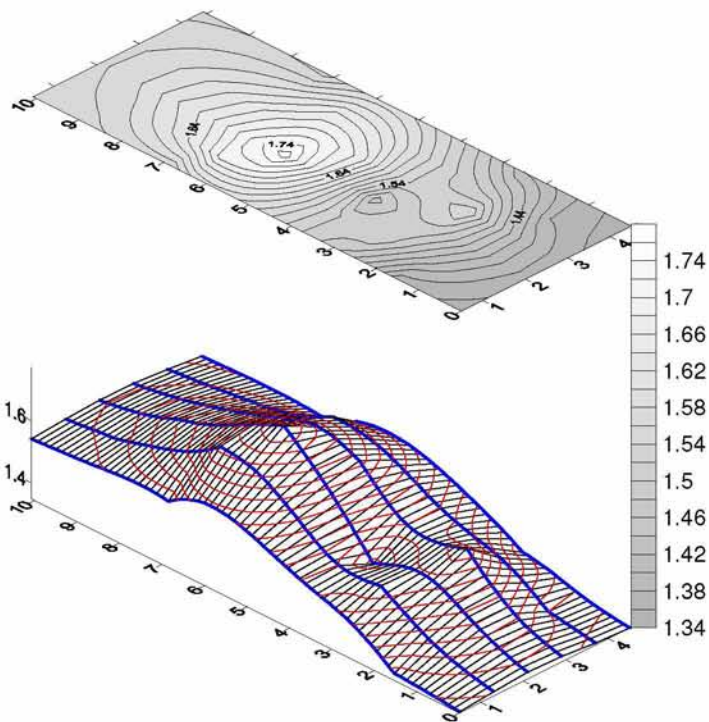
E3



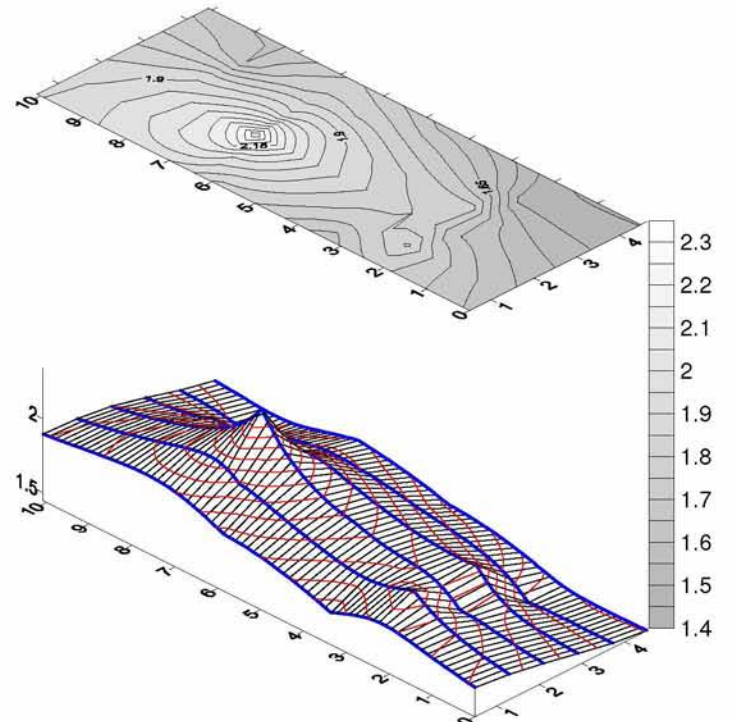
E7



E11

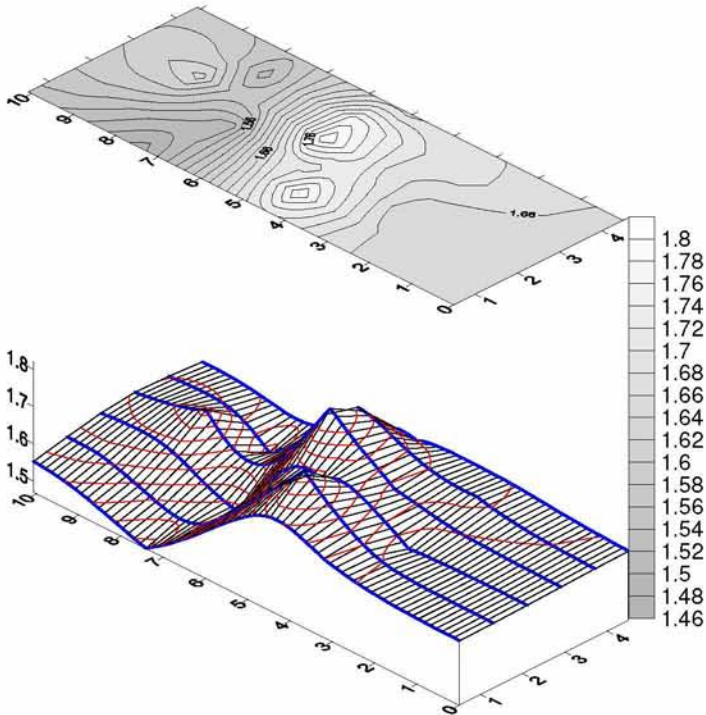


E13

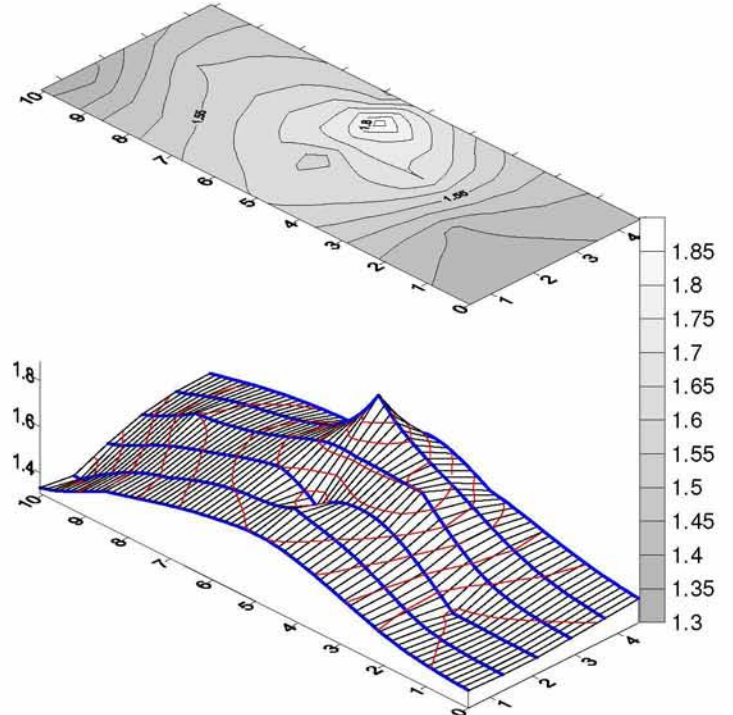


ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΥΠΟΓΕΙΑ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2006

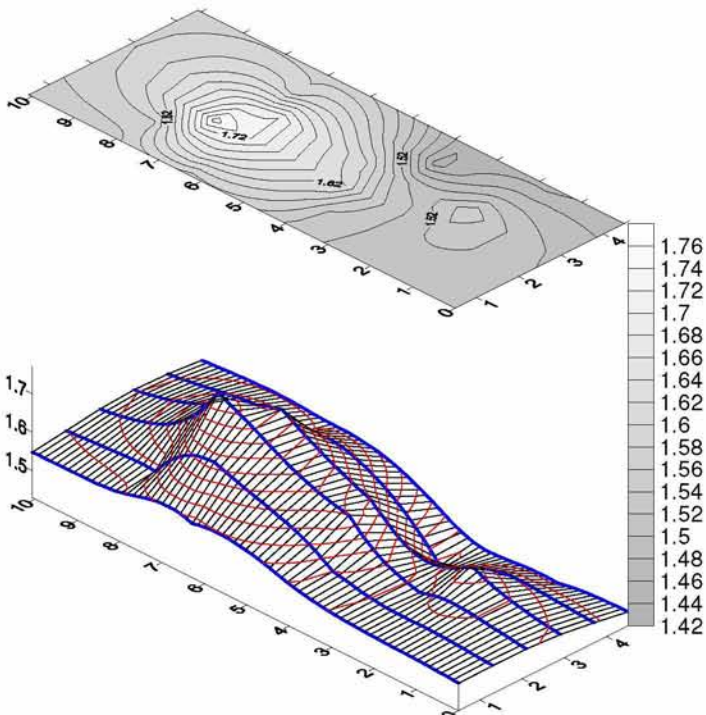
Υ1



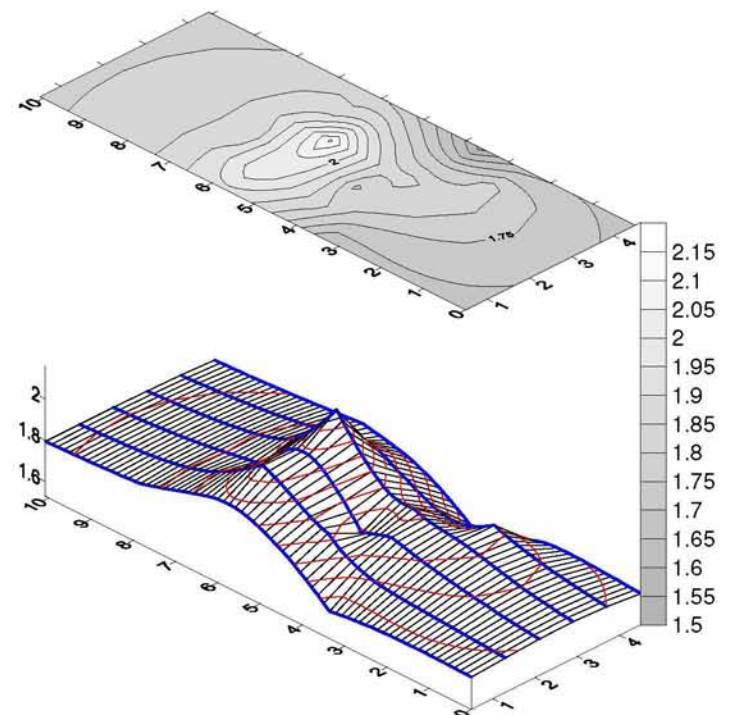
Υ6



Υ12

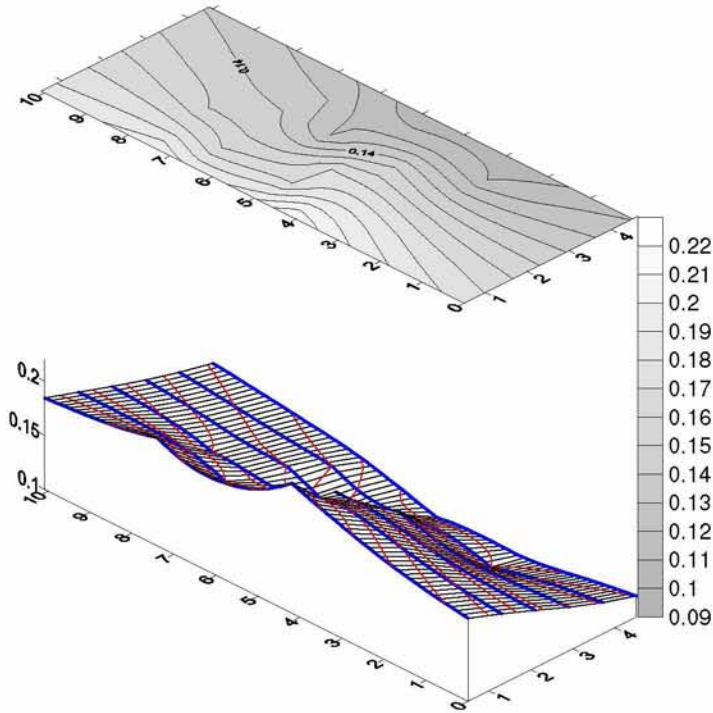


Υ15

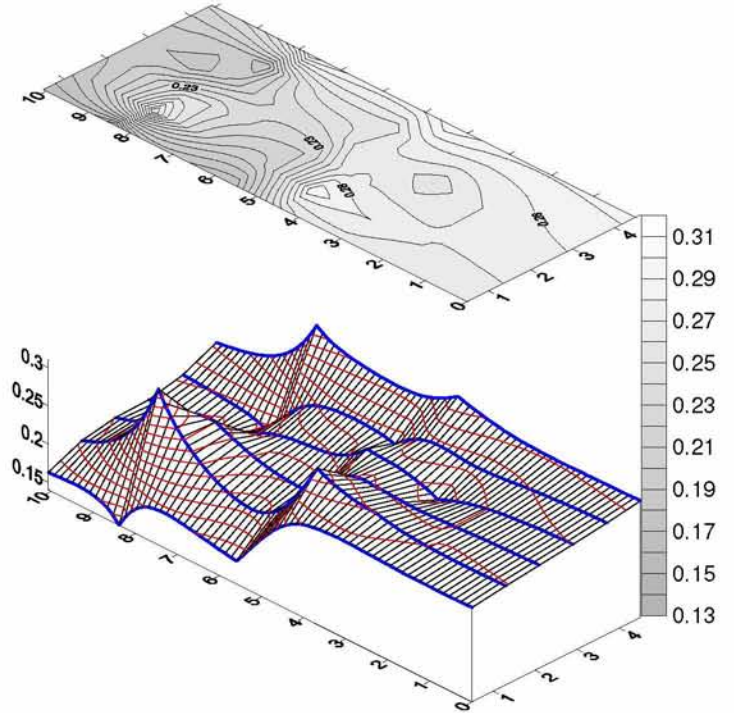


ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2006

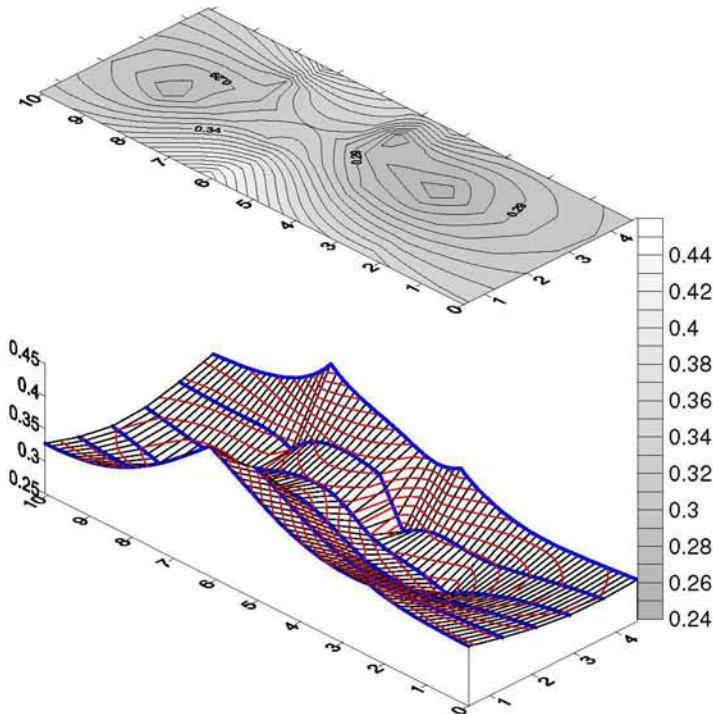
M4



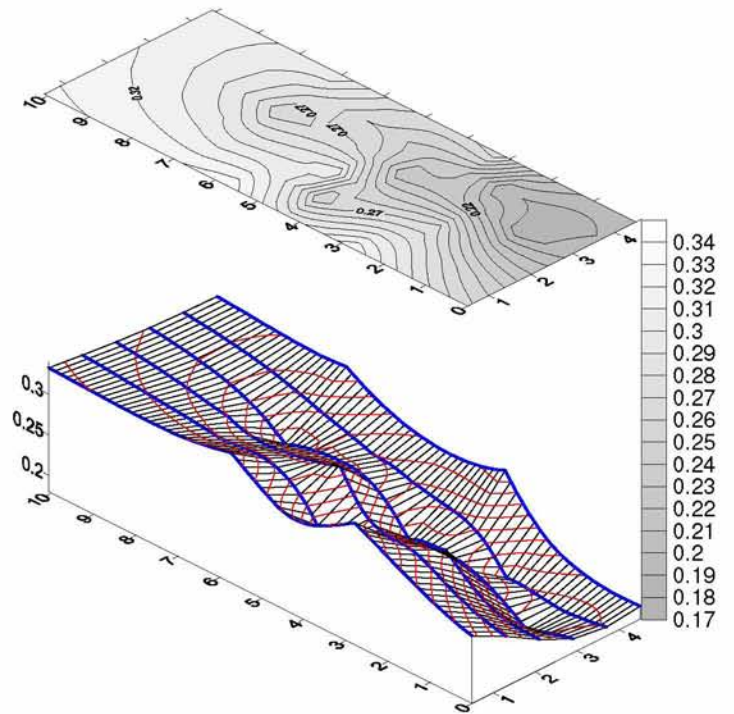
M5



M10

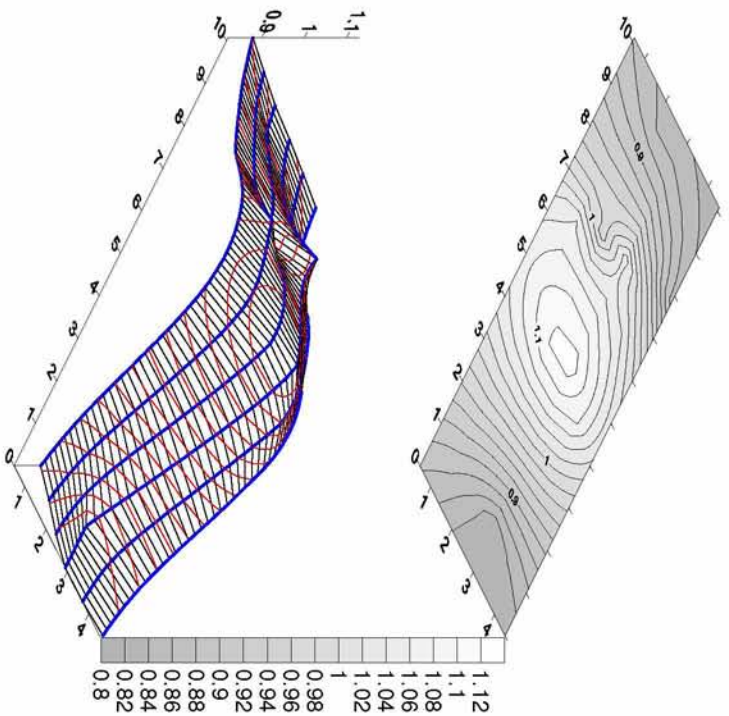


M14

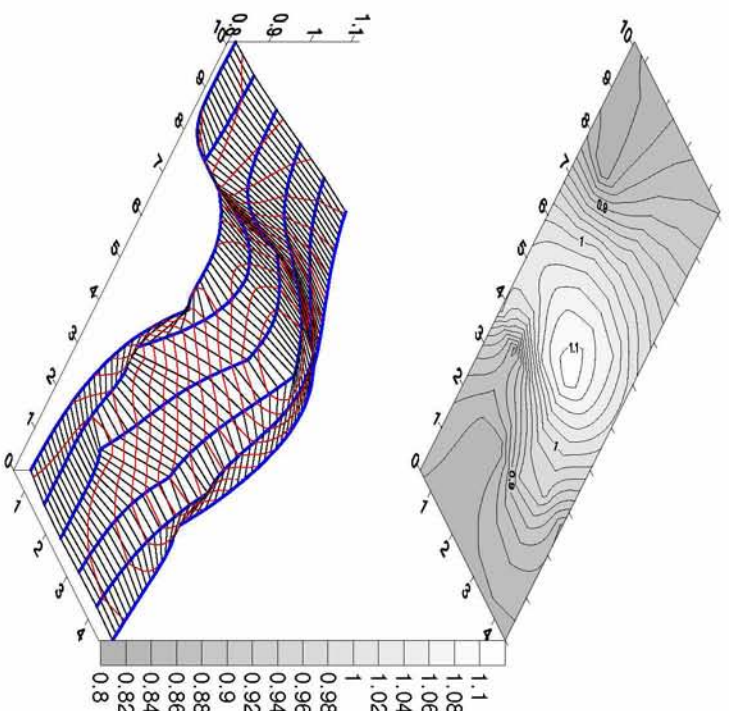


ΧΑΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 4^Η ΚΟΠΗ 7/9/2007

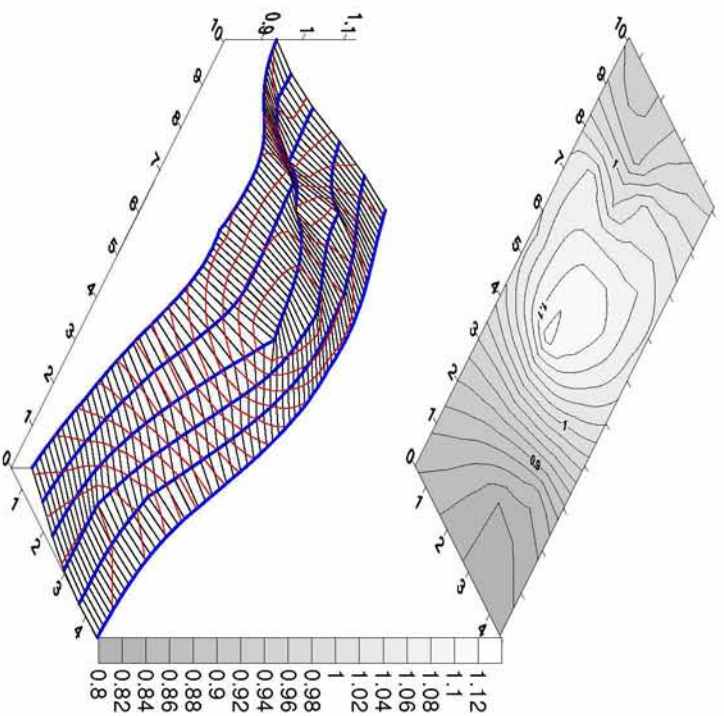
E2



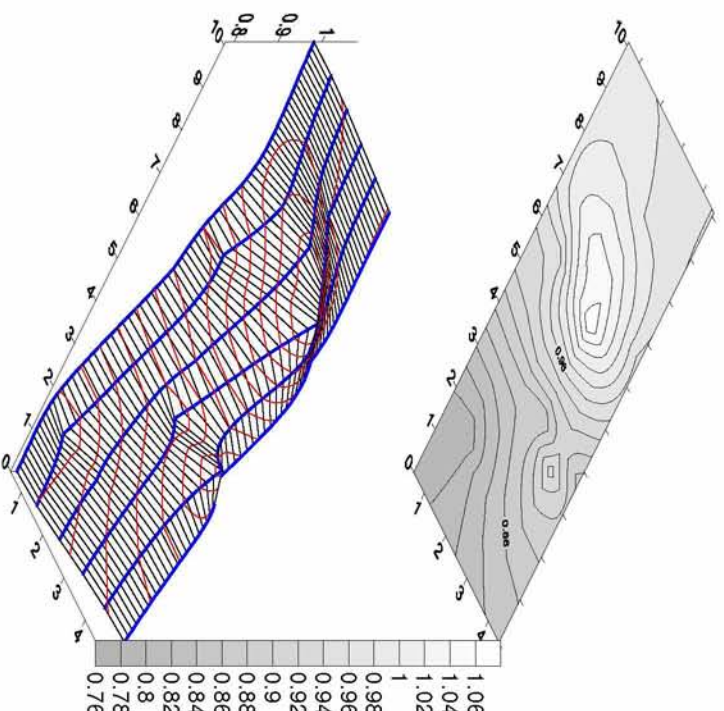
E8



E9

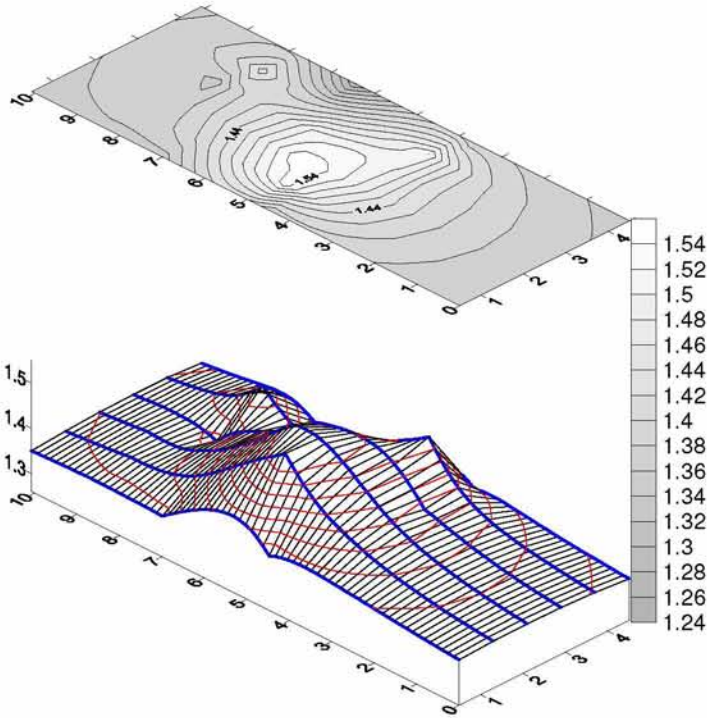


E16

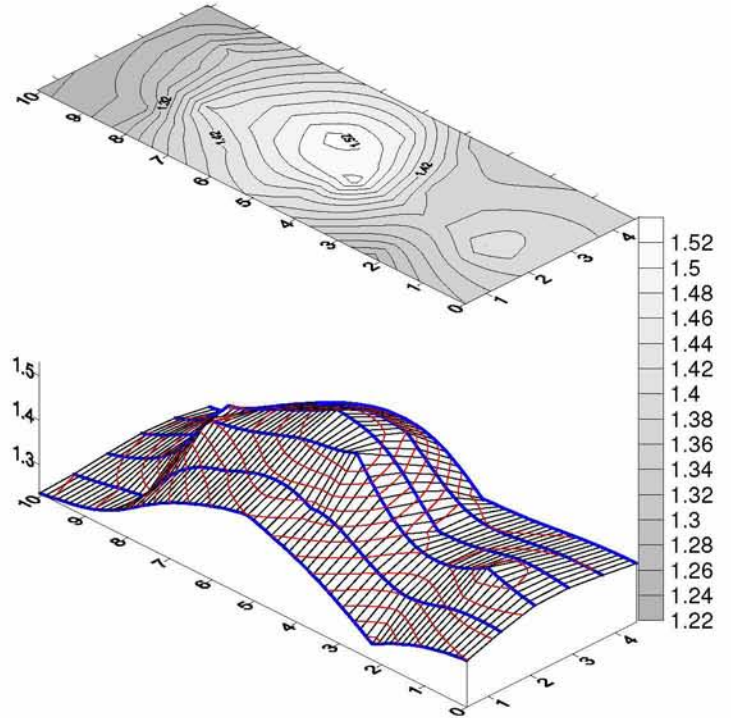


ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 4^Η ΚΟΠΗ 7/9/2007

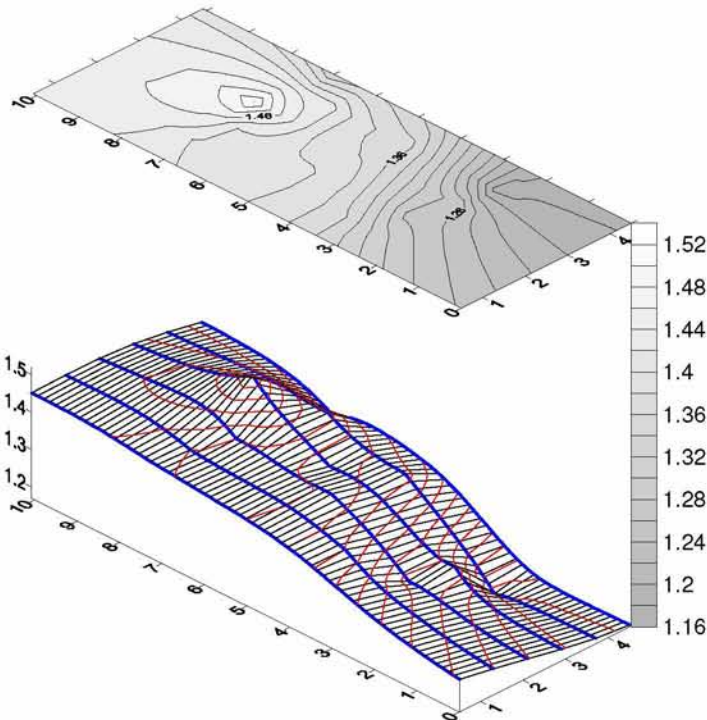
E3



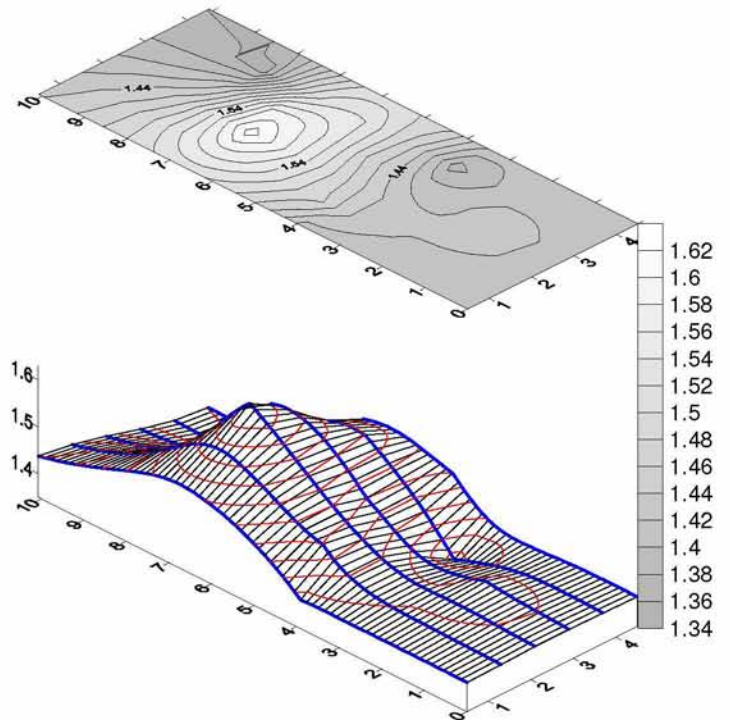
E7



E11

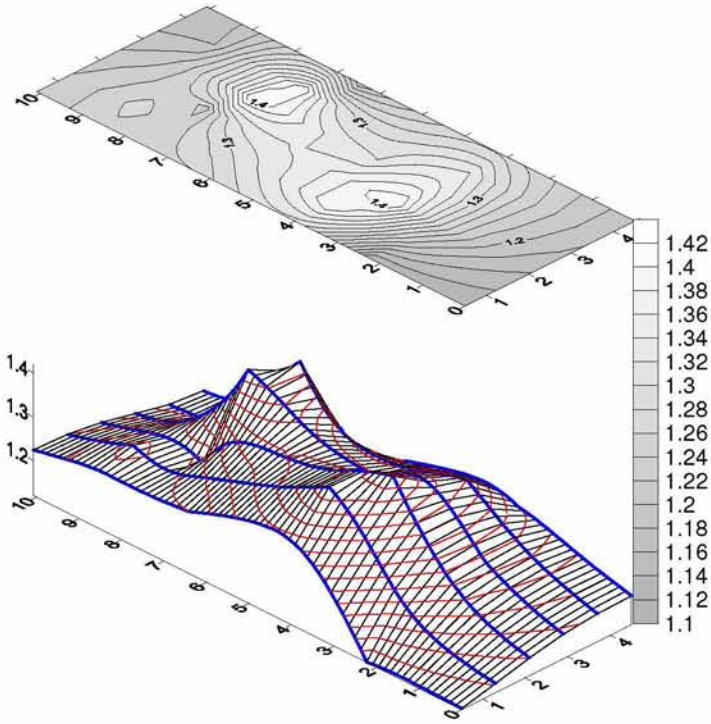


E13

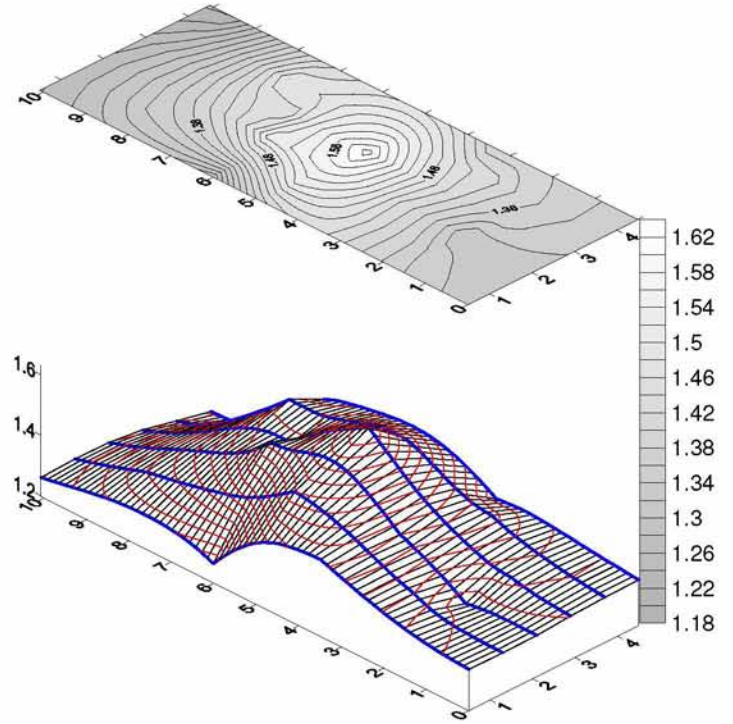


ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΥΠΟΓΕΙΑ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 4^Η ΚΟΠΗ 7/9/2007

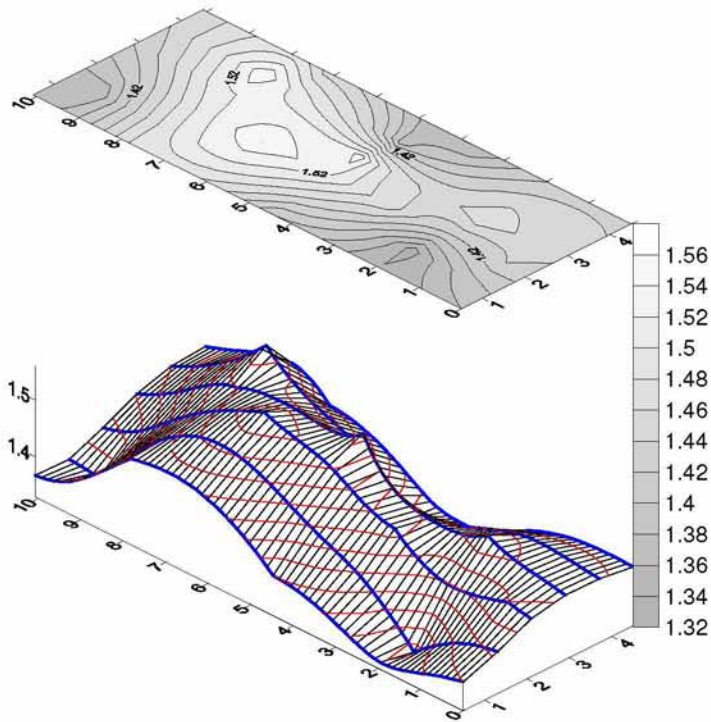
Υ1



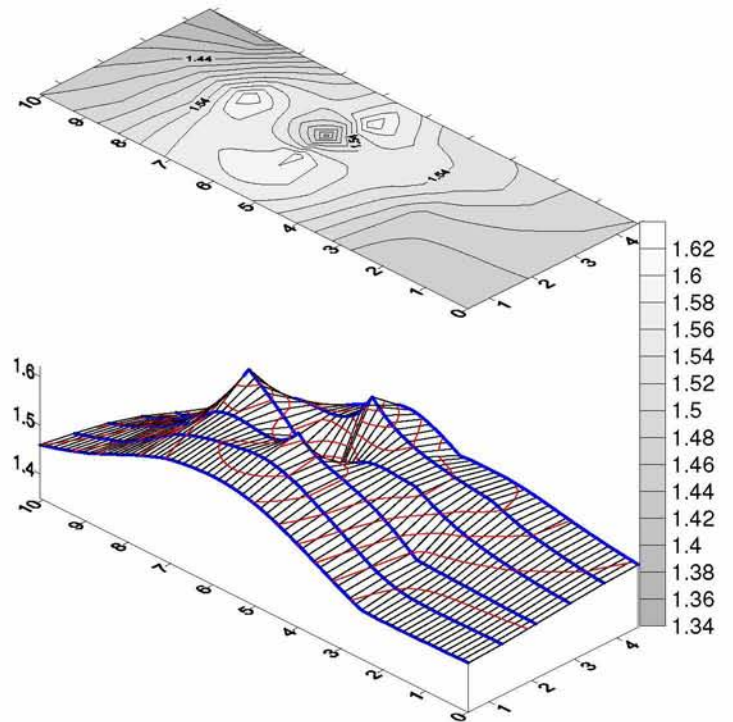
Υ6



Υ12

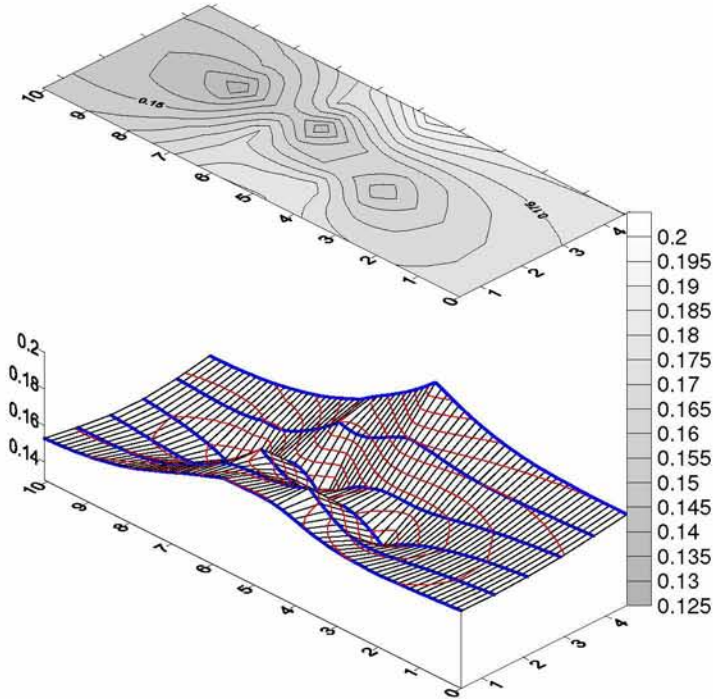


Υ15

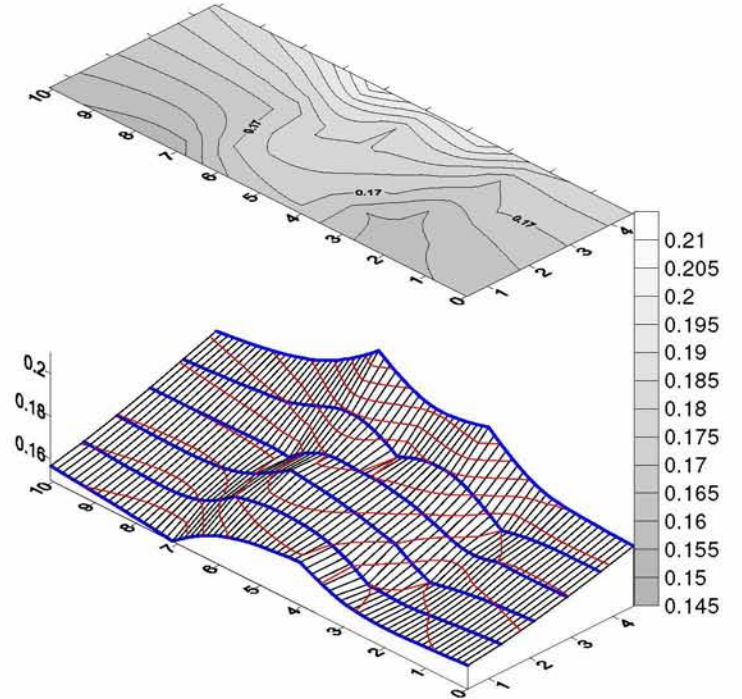


ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 4^Η ΚΟΠΗ 7/9/2007

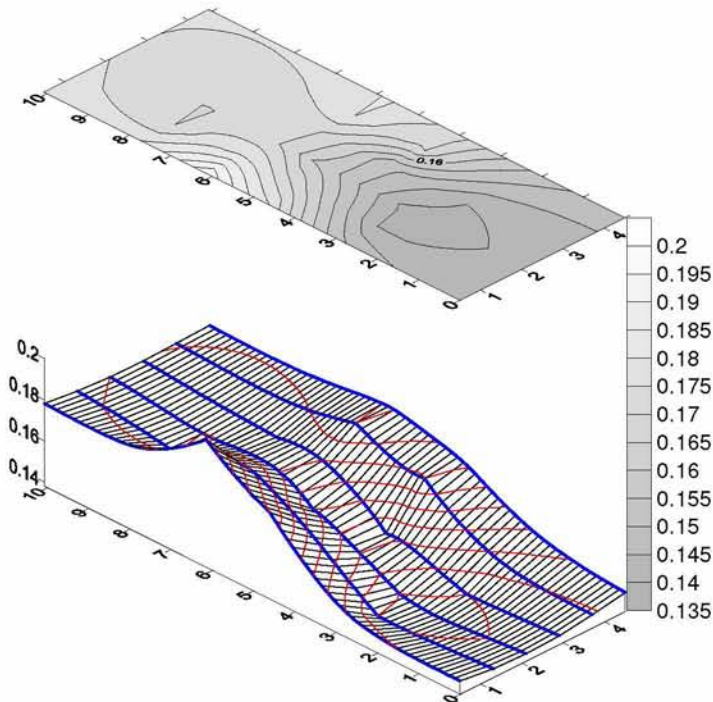
M4



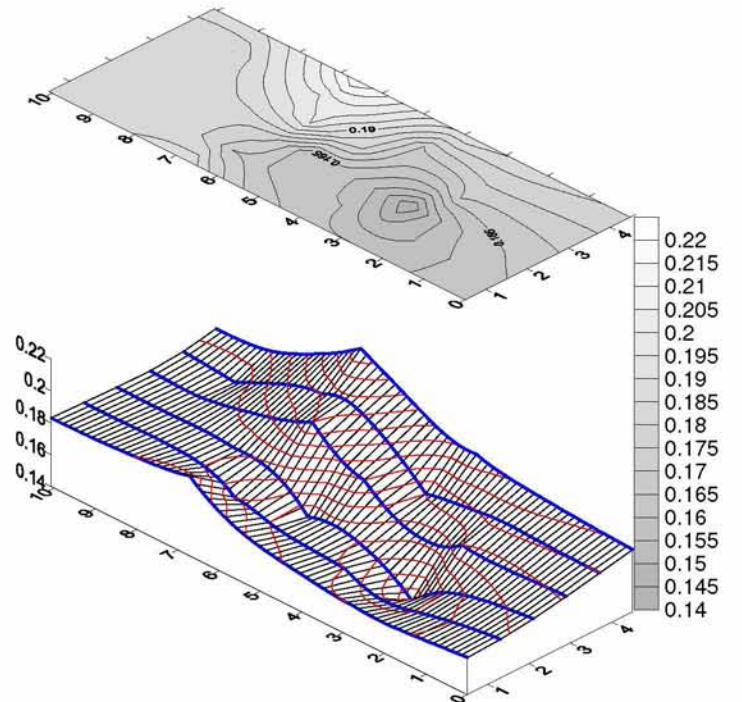
M5



M10

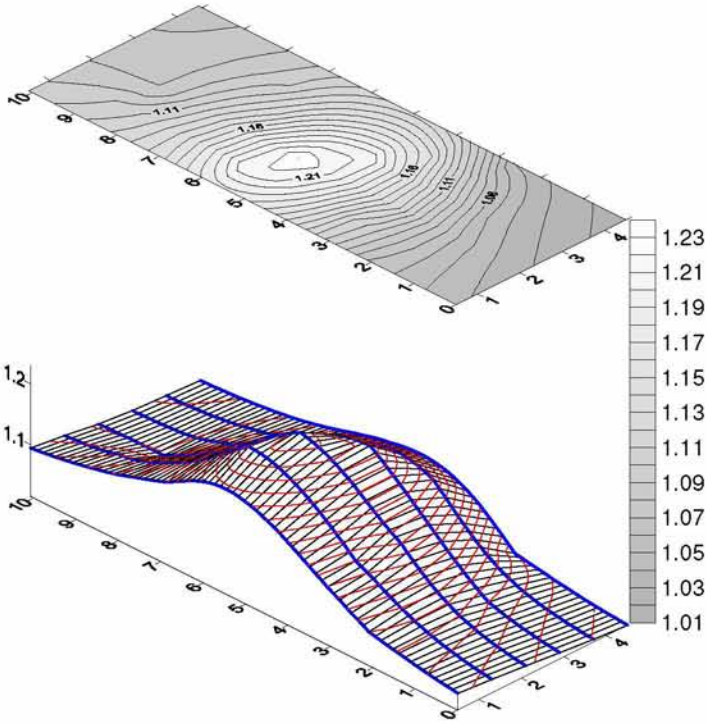


M14

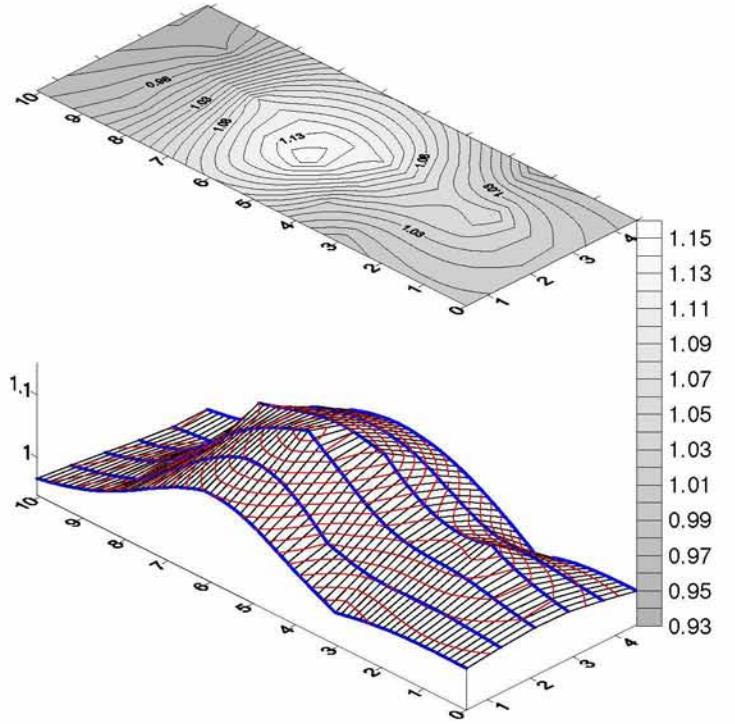


ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2007

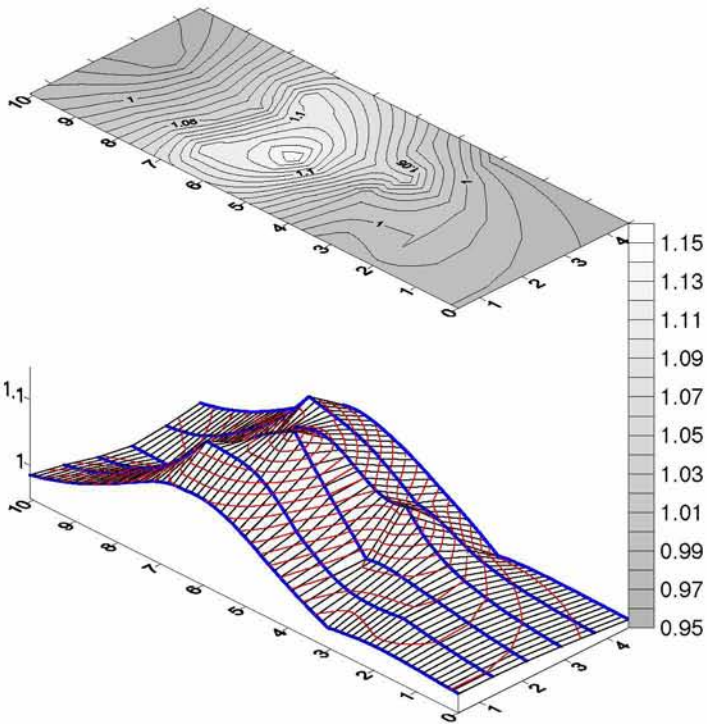
E2



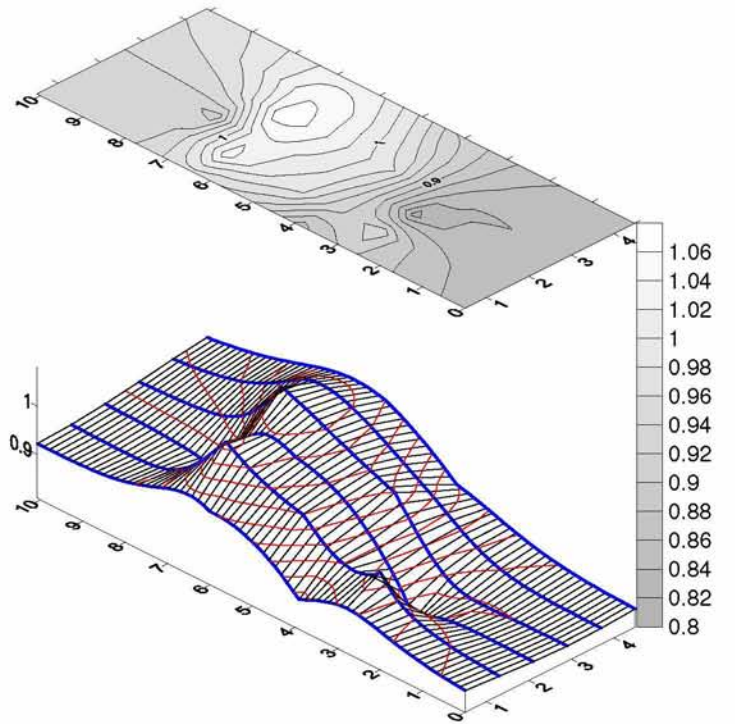
E8



E9

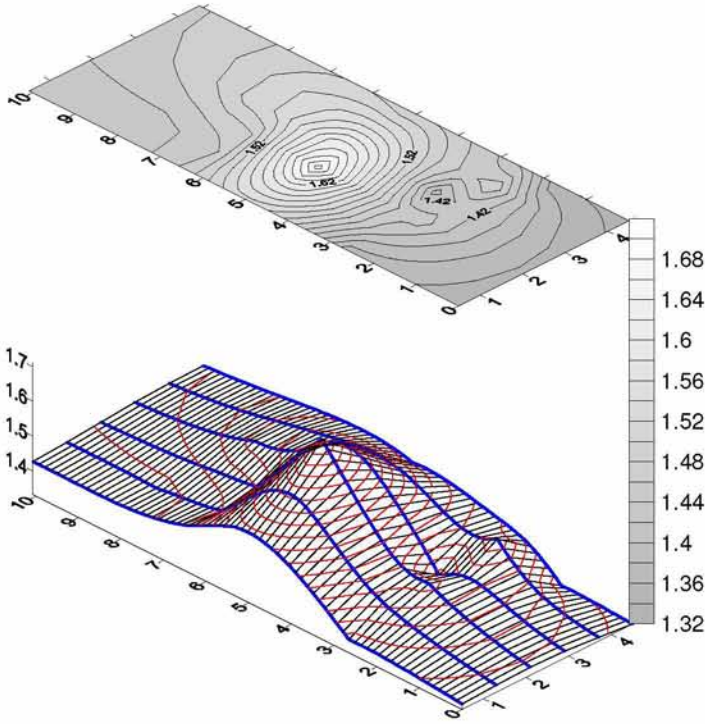


E16

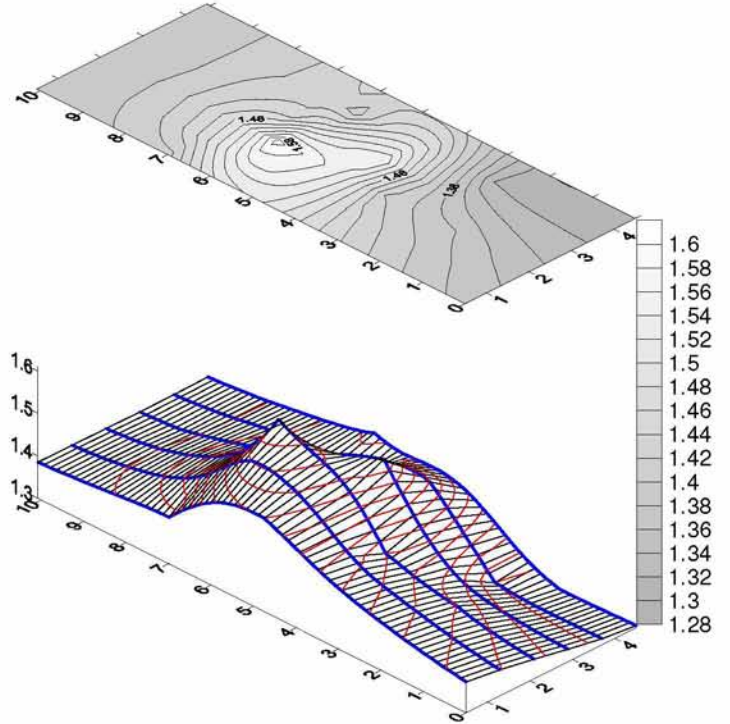


ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2007

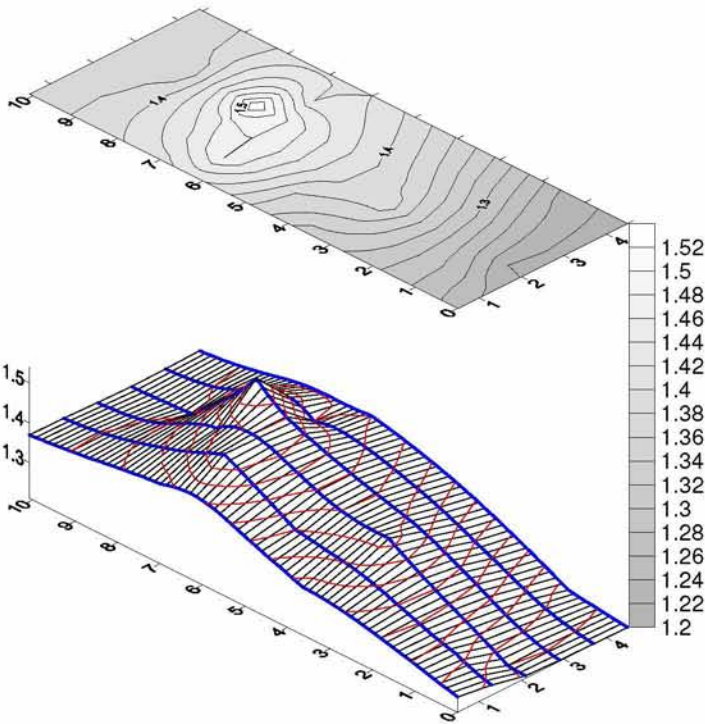
E3



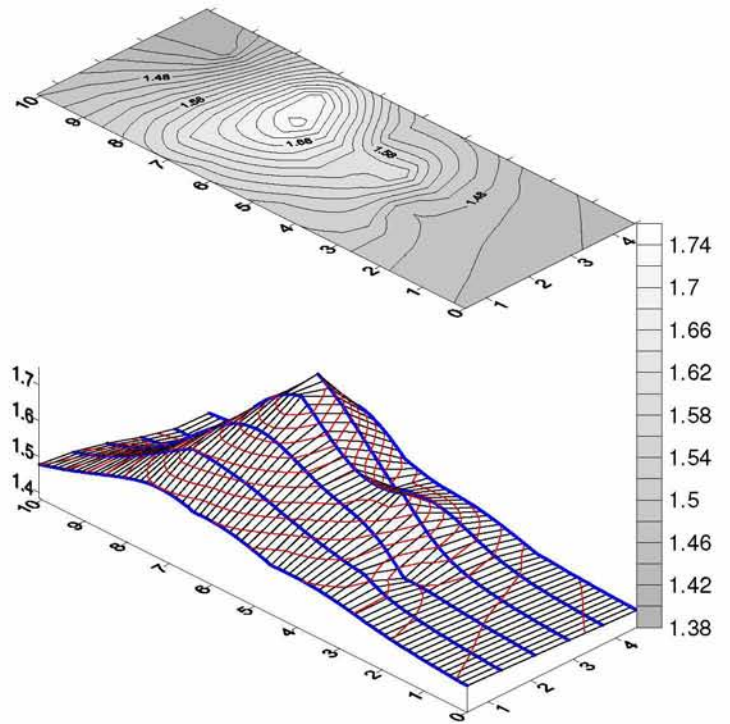
E7



E11

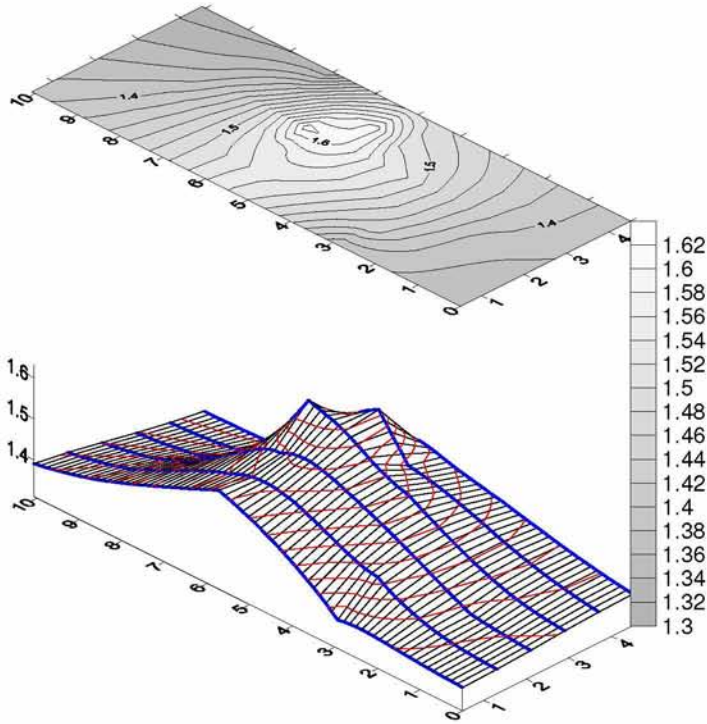


E13

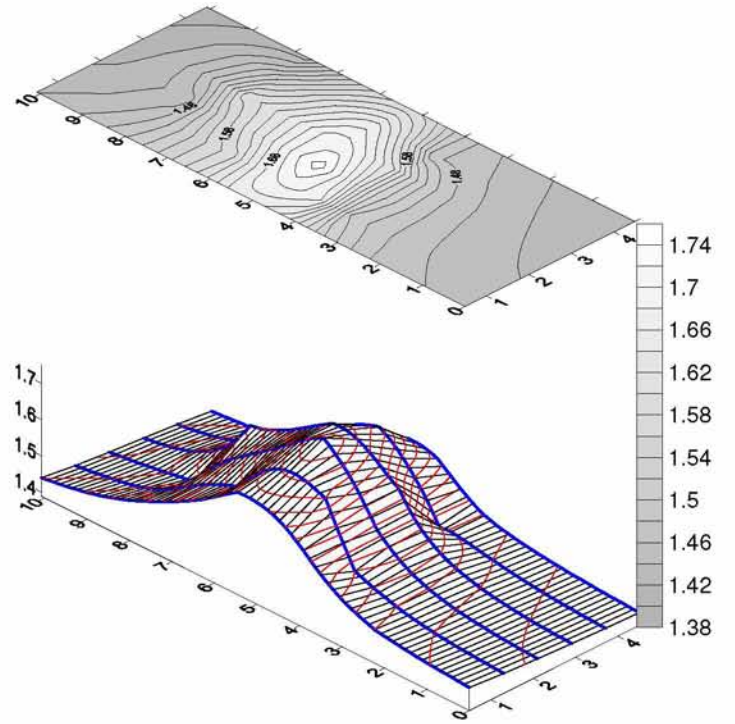


ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΥΠΟΓΕΙΑ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2007

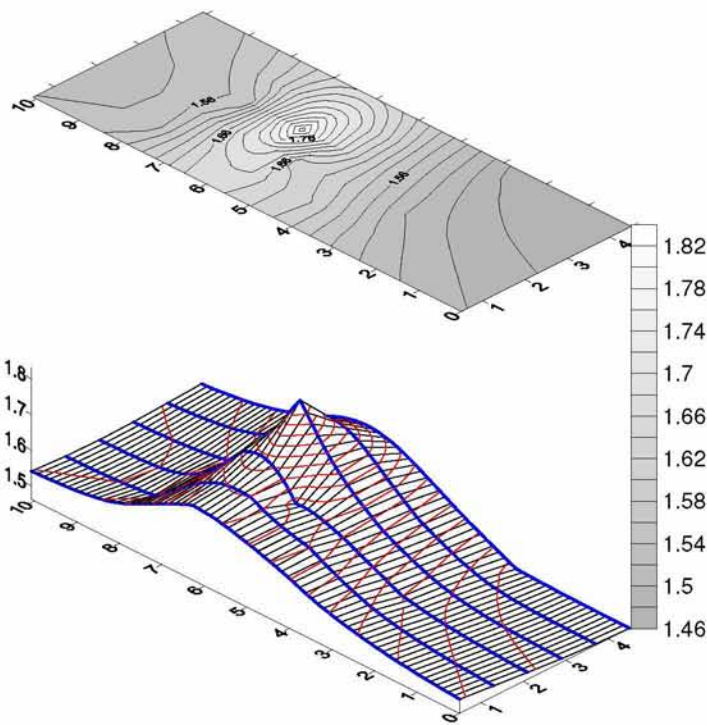
Υ1



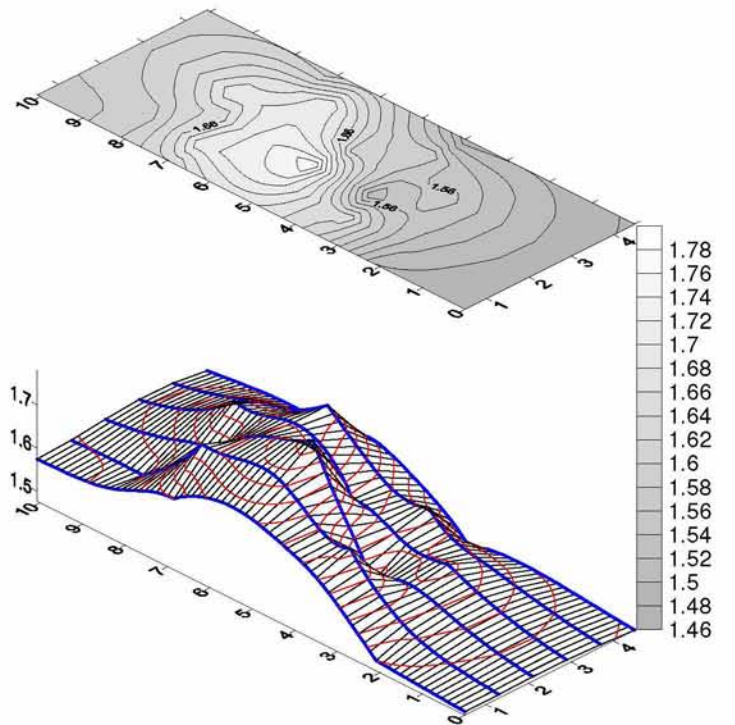
Υ6



Υ12

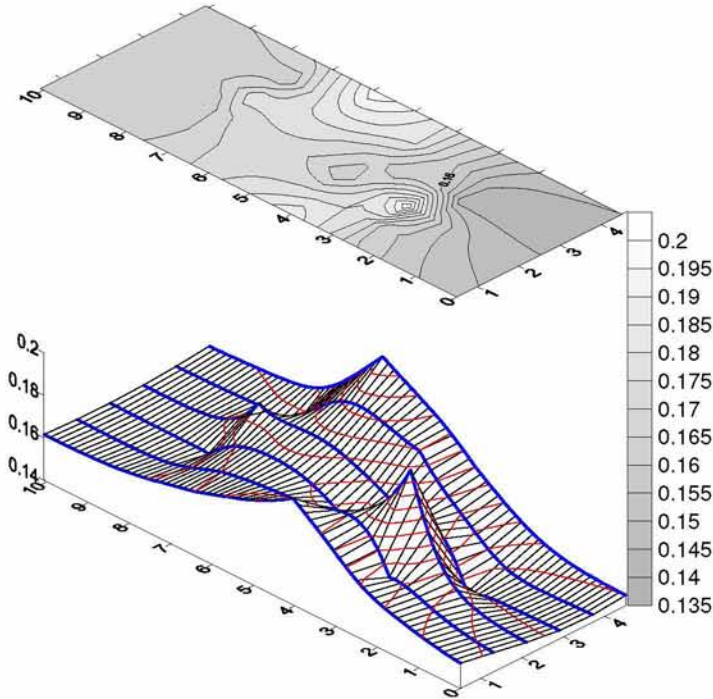


Υ15

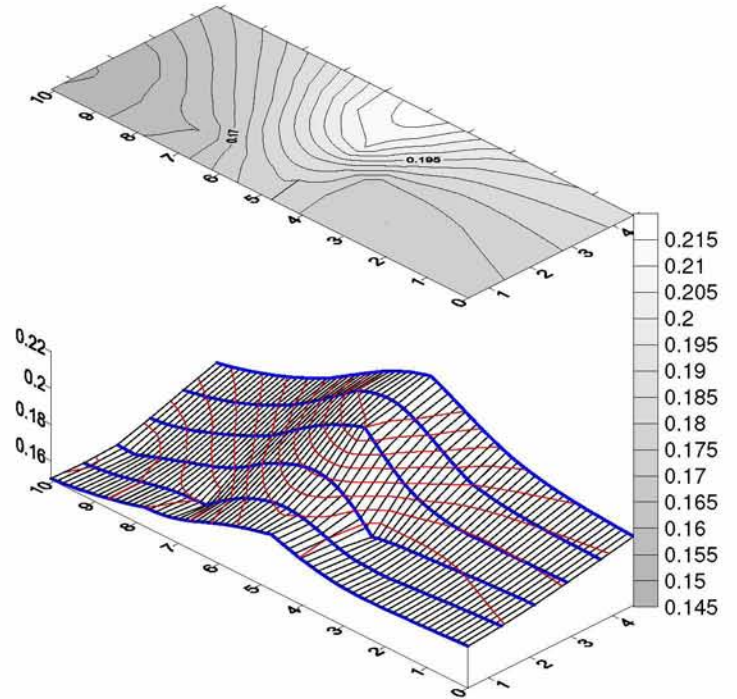


ΧΛΩΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2007

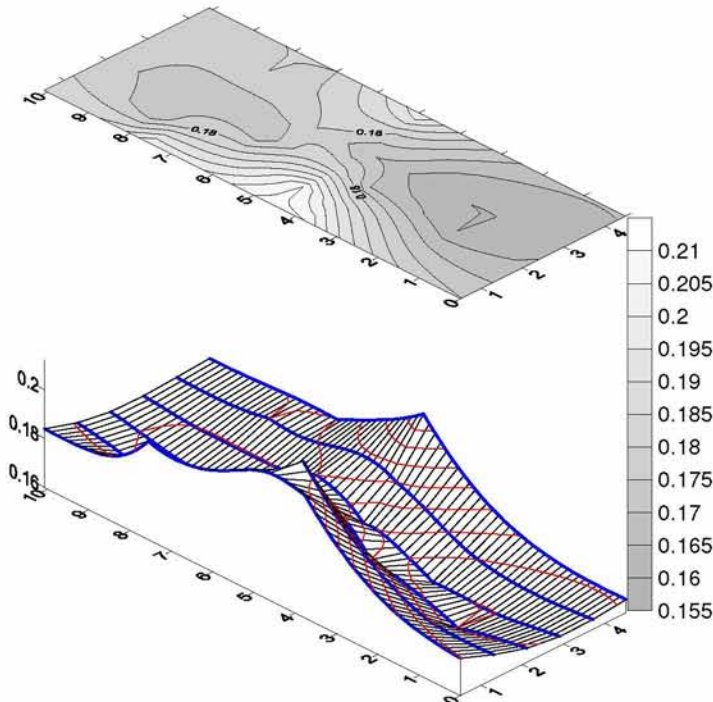
M4



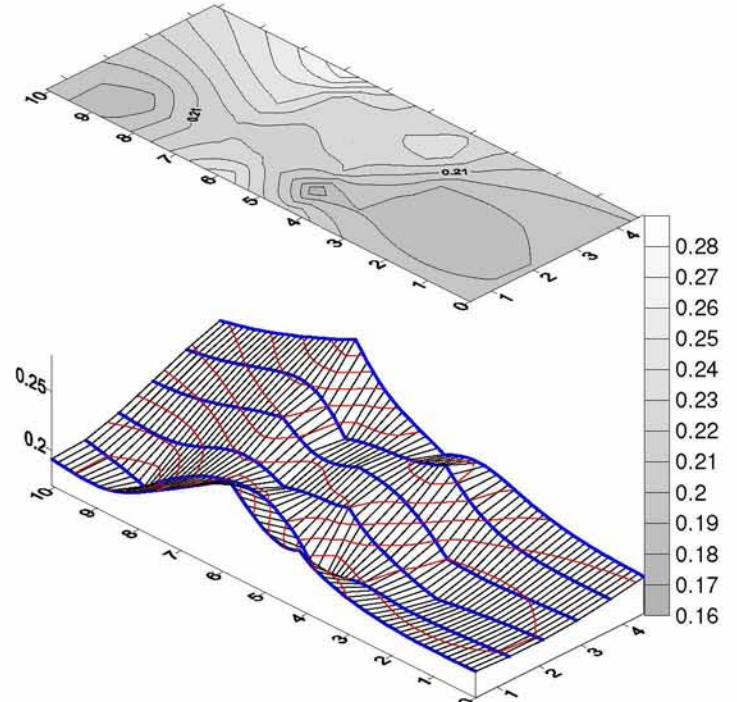
M5



M10



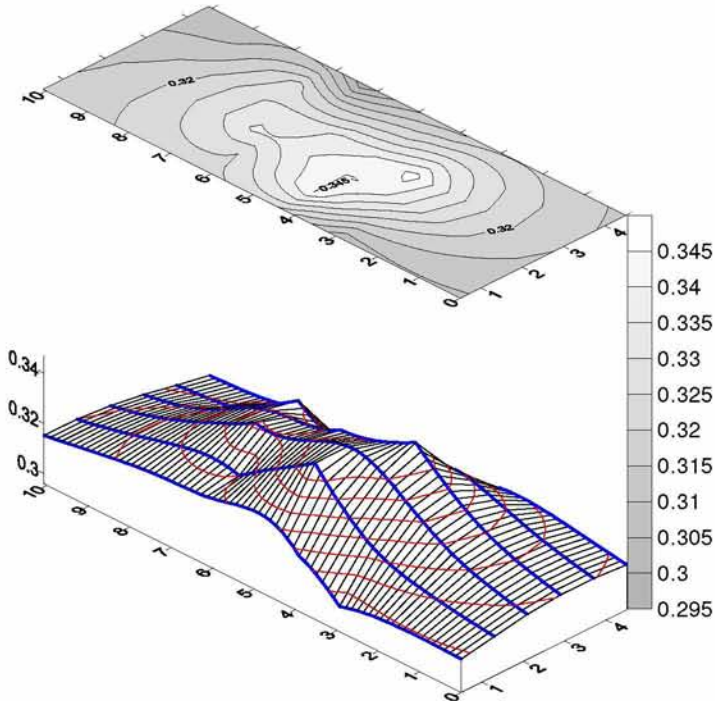
M14



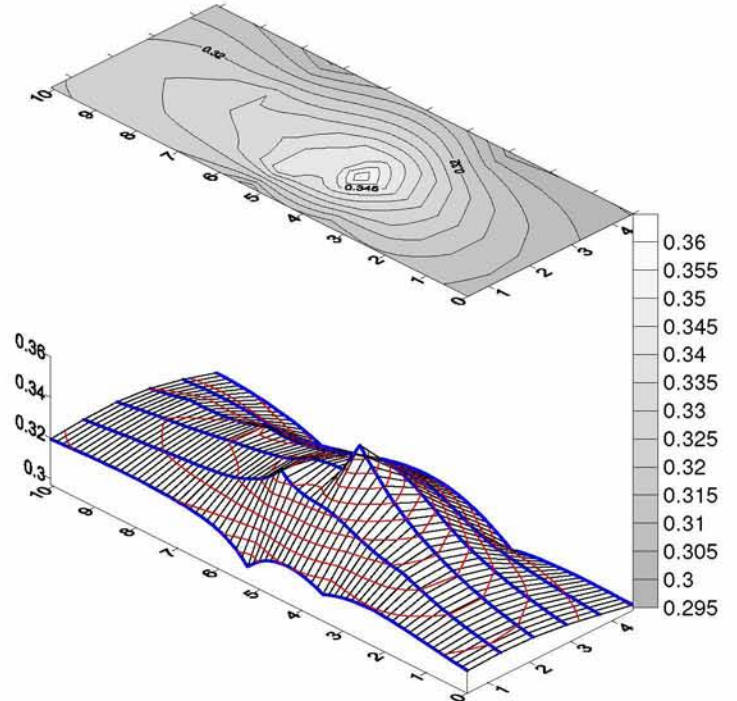
ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ – ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ

ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2005

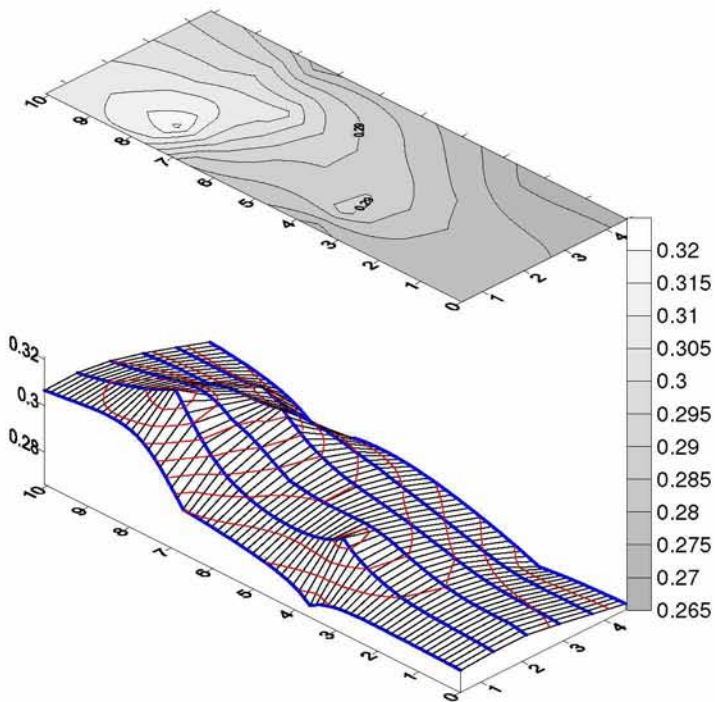
E2



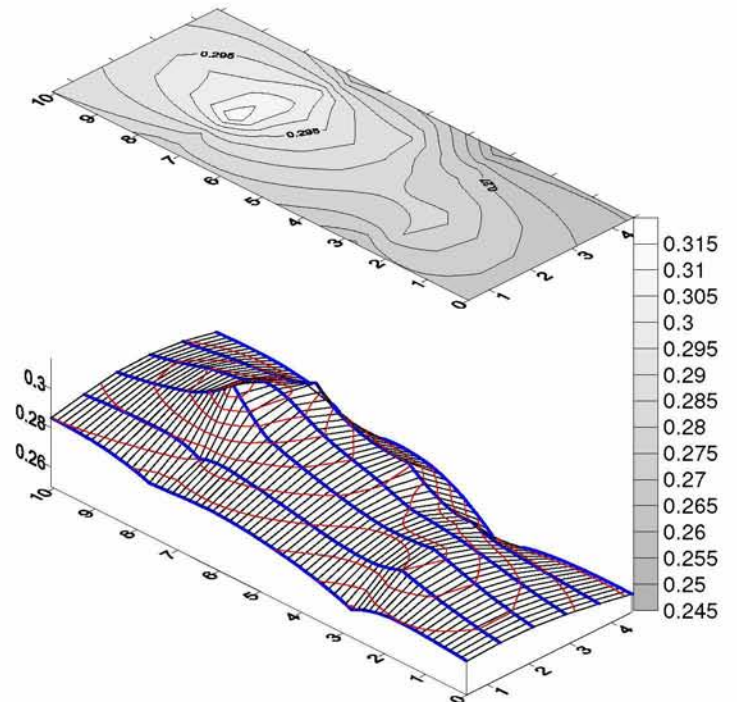
E8



E9

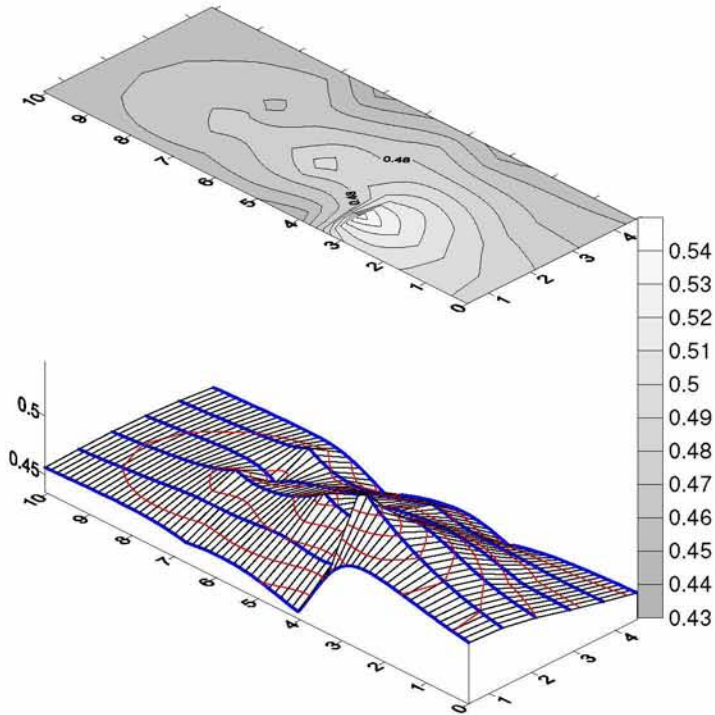


E16

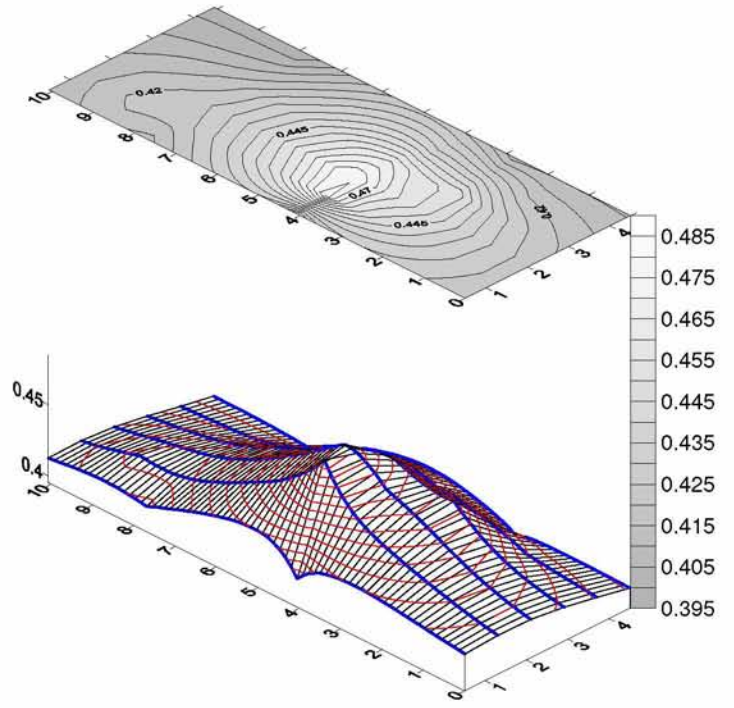


ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2005

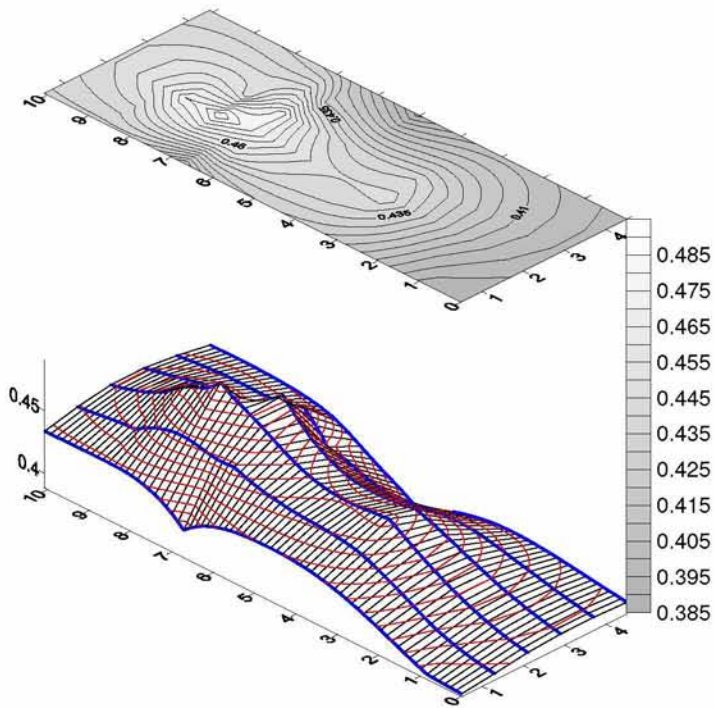
E3



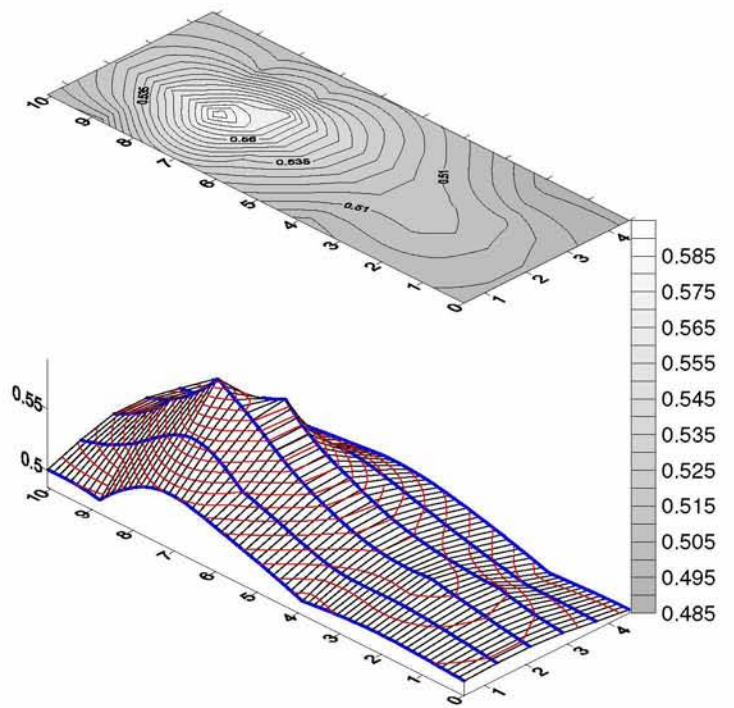
E7



E11

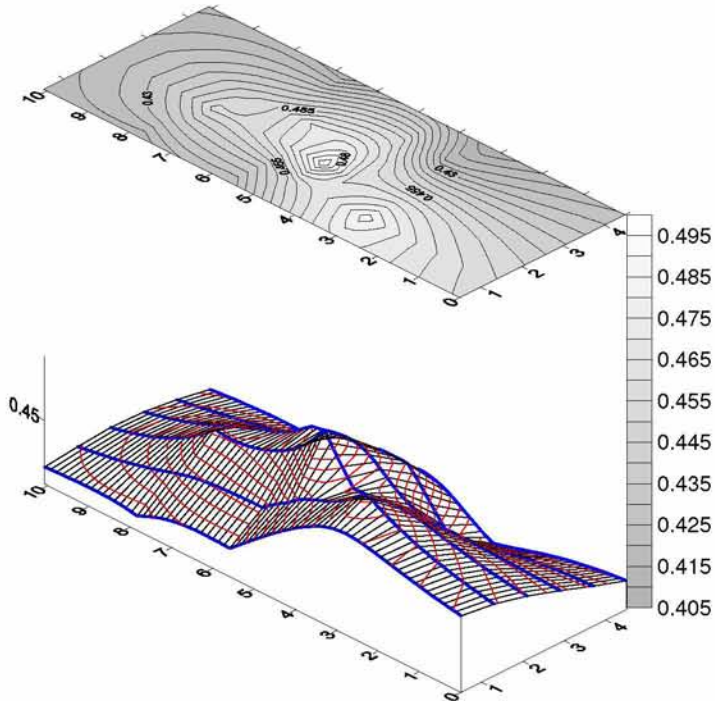


E13

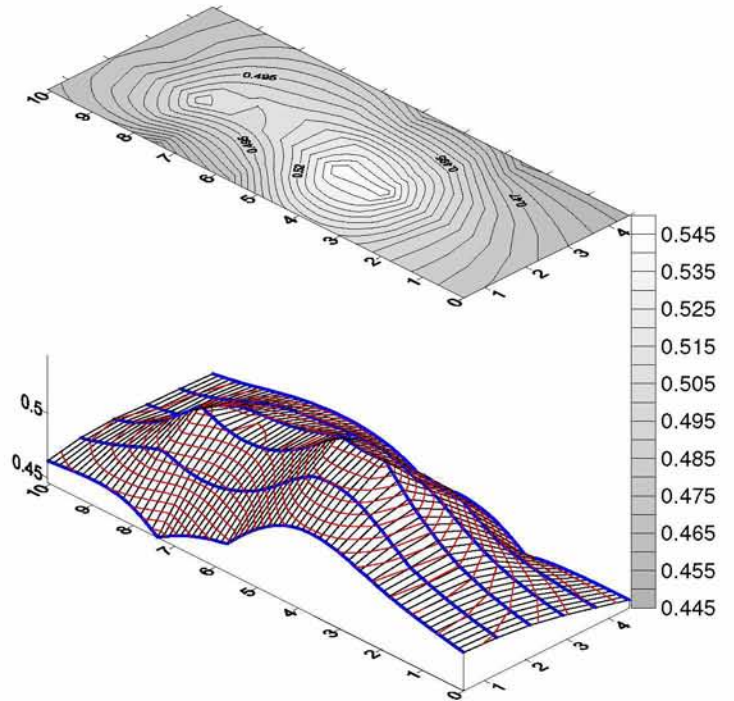


ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΥΠΟΓΕΙΑ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2005

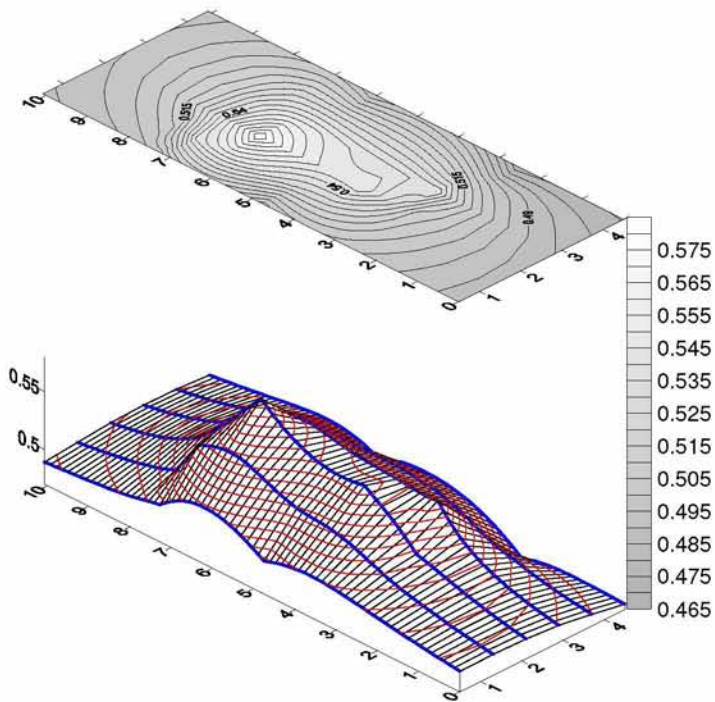
Υ1



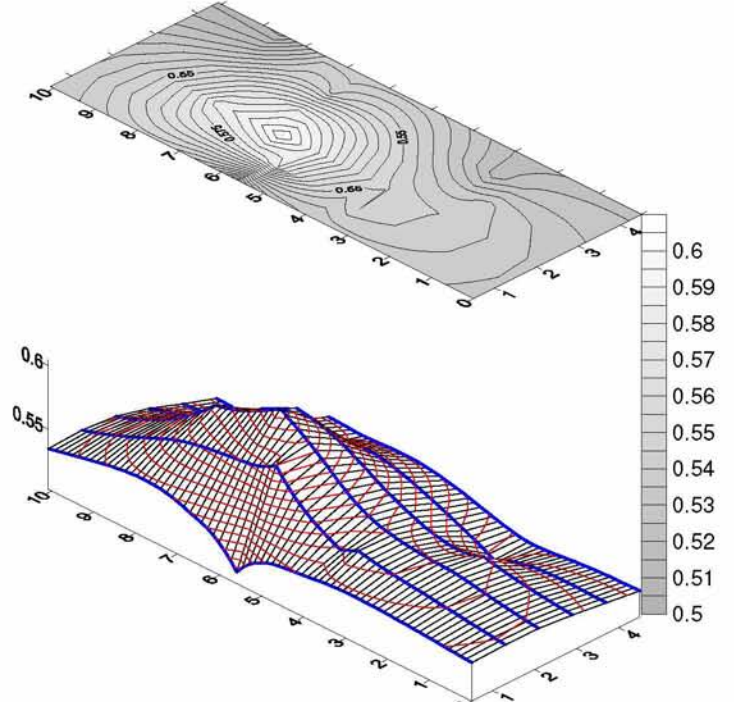
Υ6



Υ12

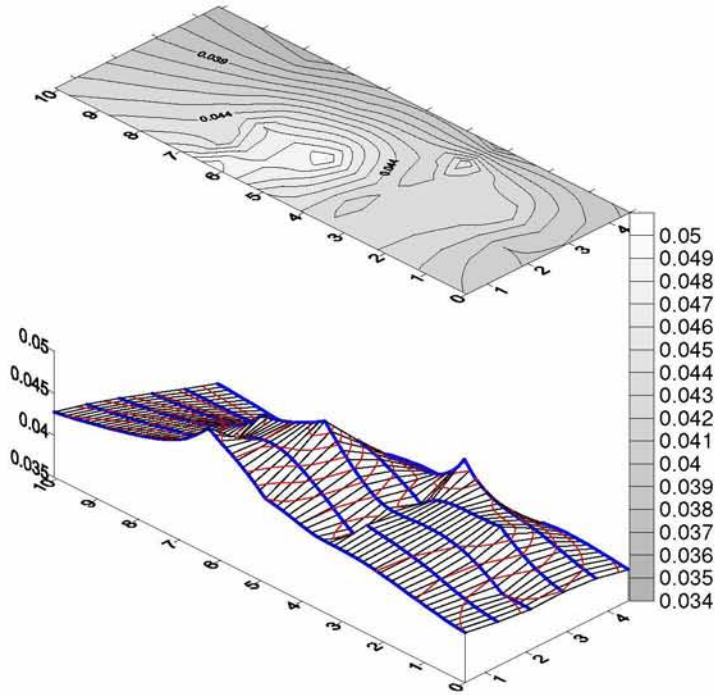


Υ15

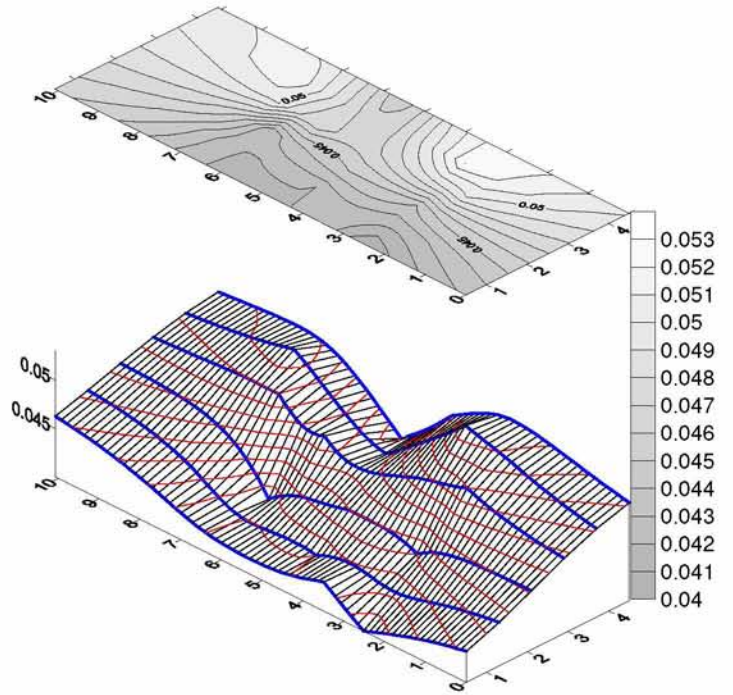


ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2005

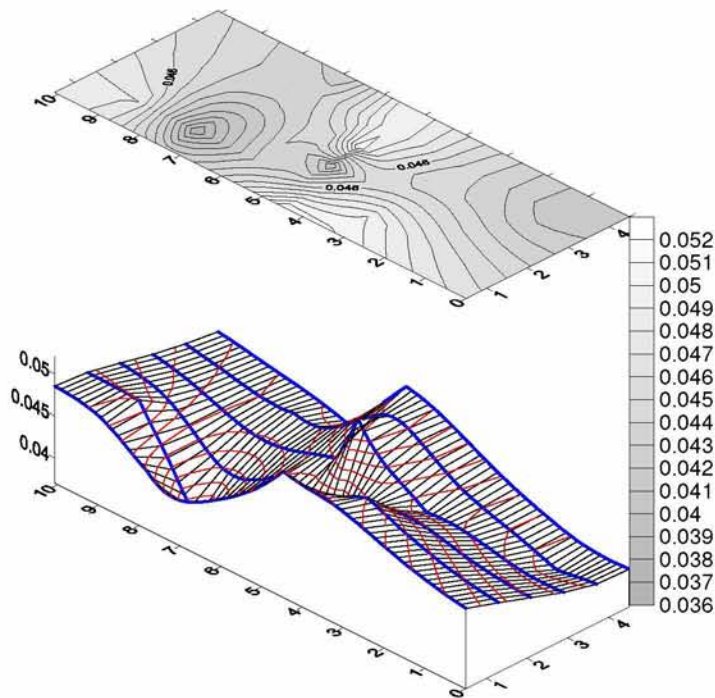
M4



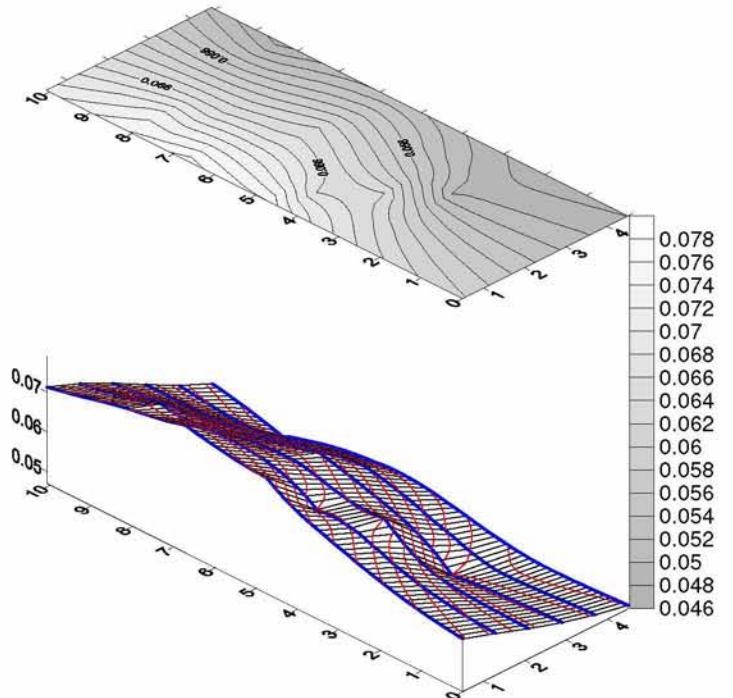
M5



M10

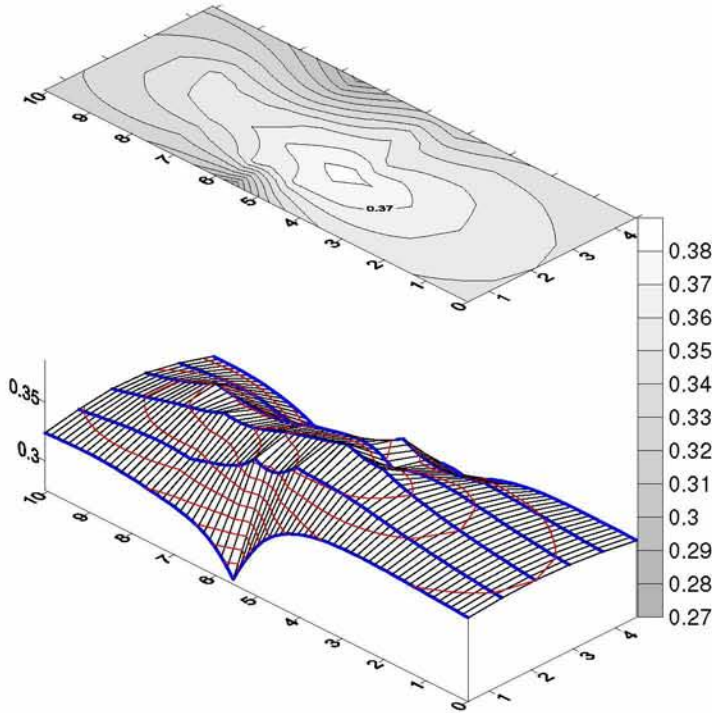


M14

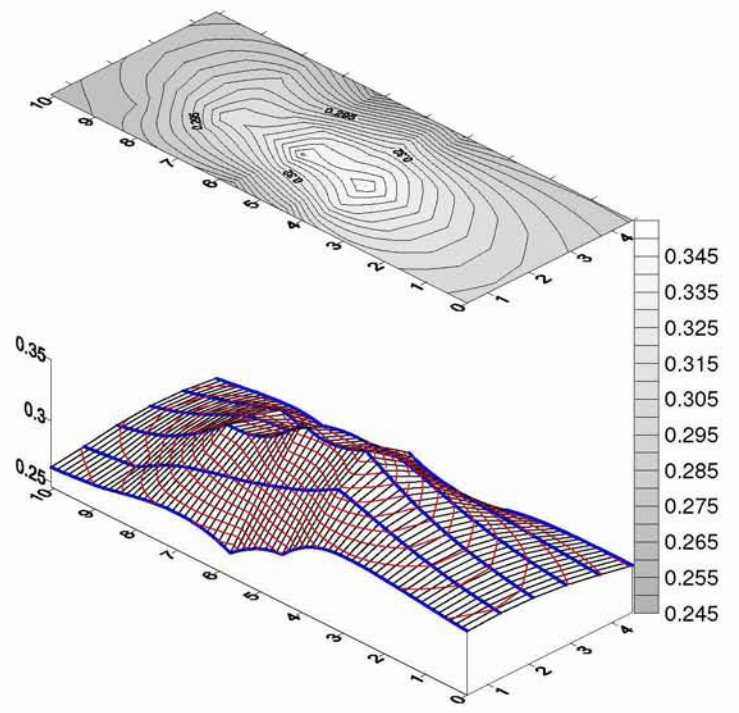


ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 6^Η ΚΟΠΗ 7/10/2005

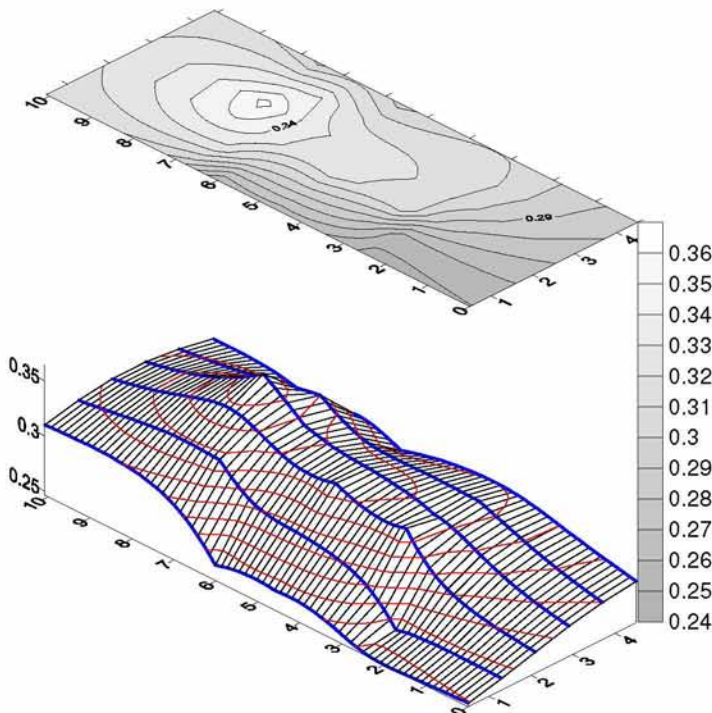
E2



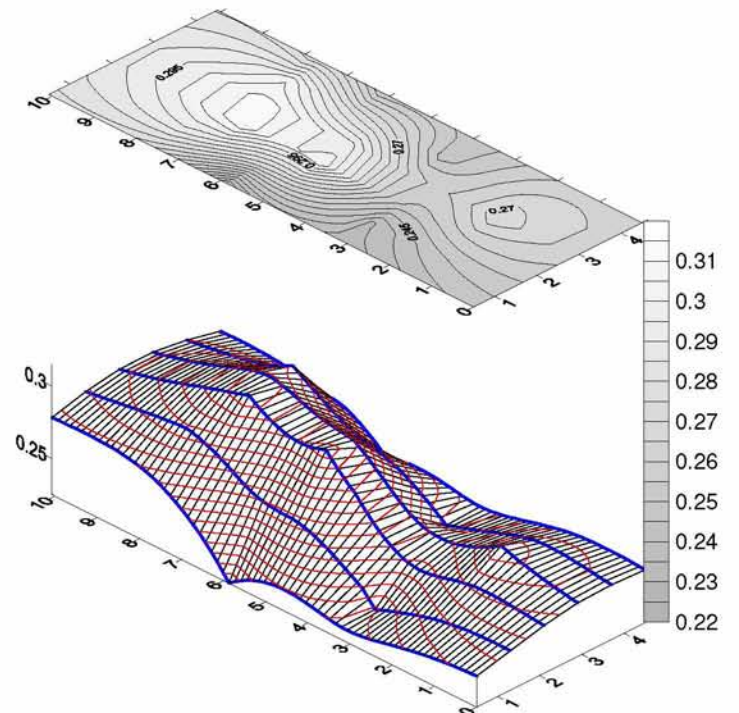
E8



E9

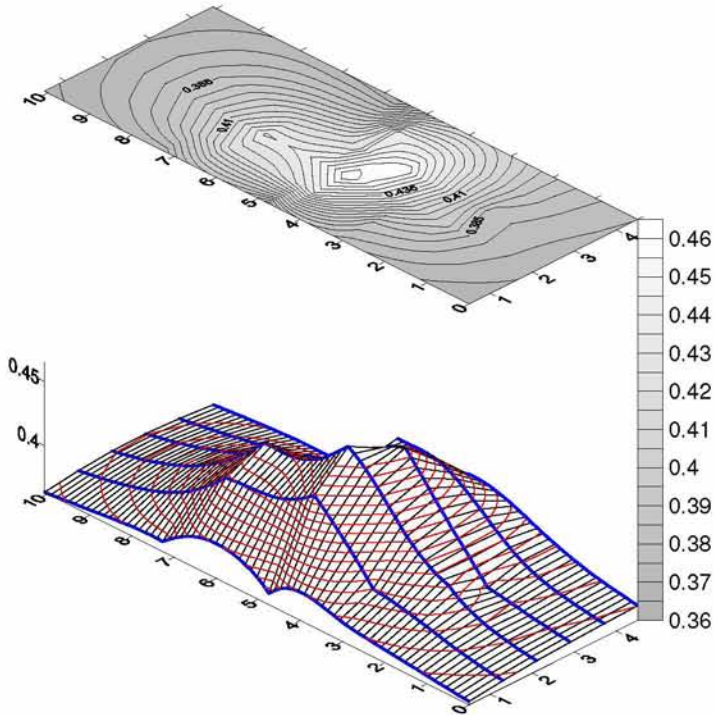


E16

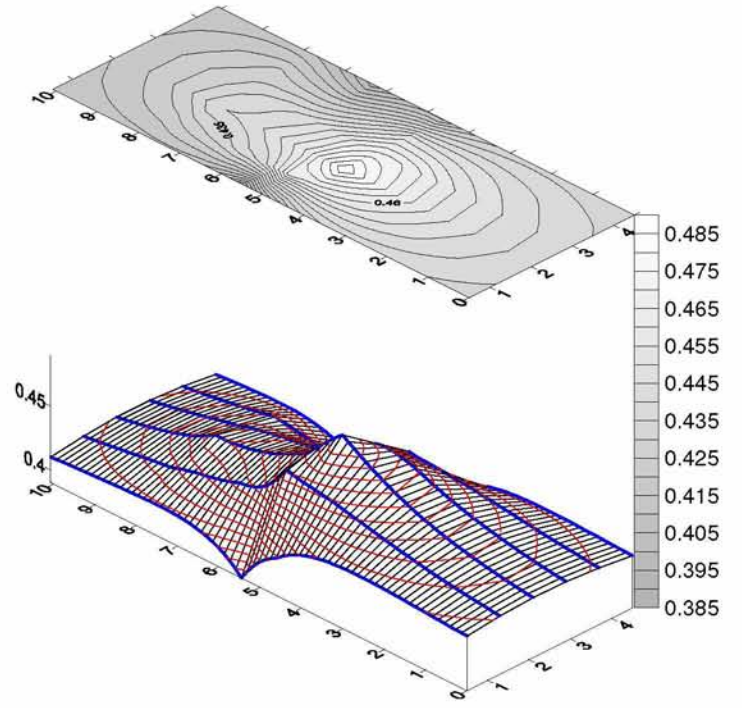


ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 6^Η ΚΟΠΗ 7/10/2005

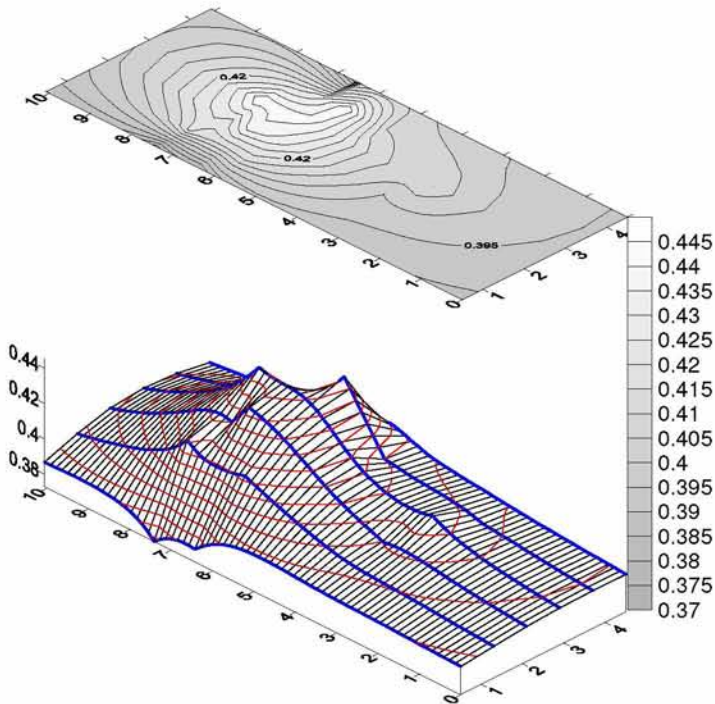
E3



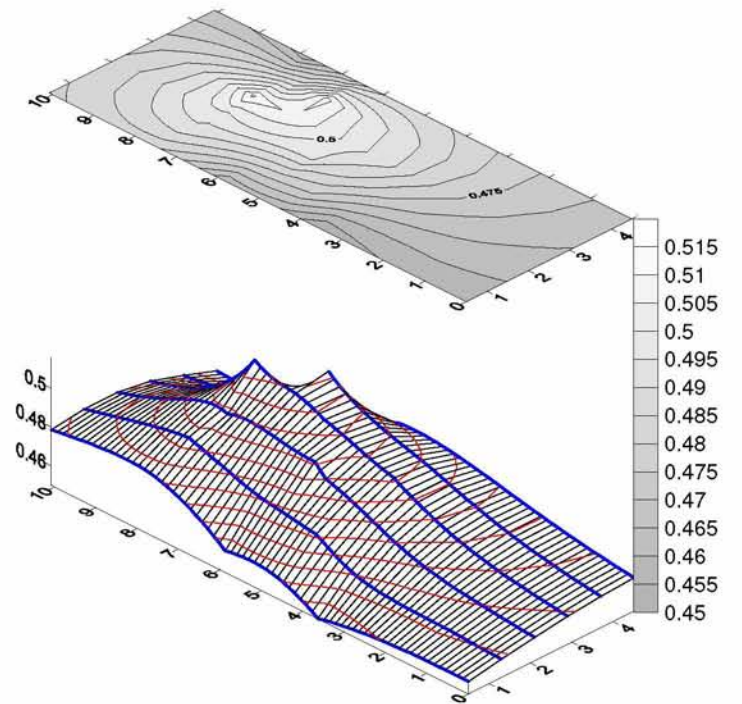
E7



E11

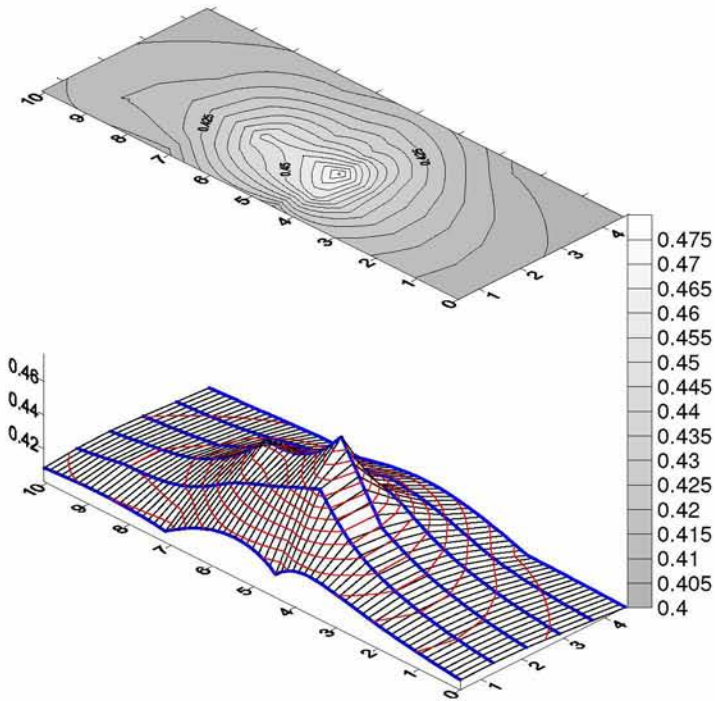


E13

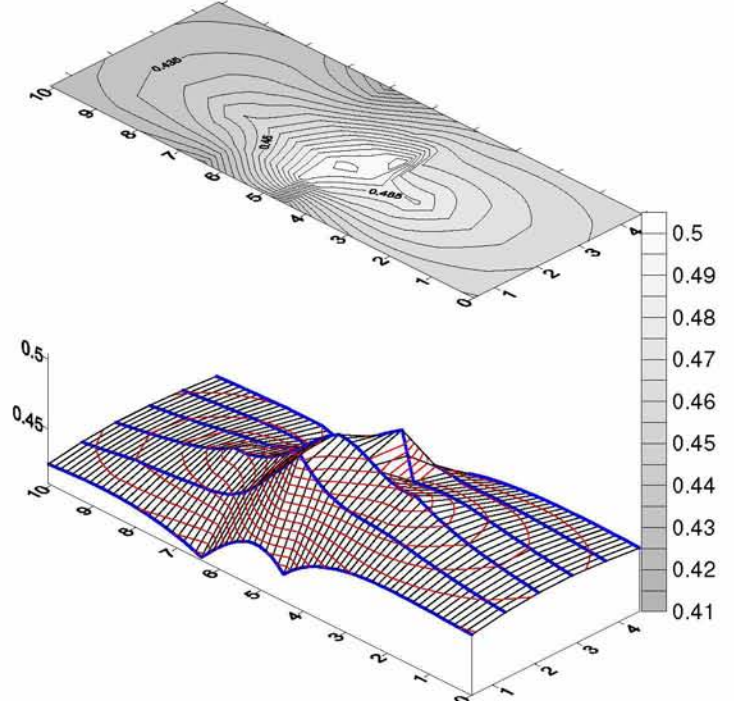


ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΥΠΟΓΕΙΑ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 6^Η ΚΟΠΗ 7/10/2005

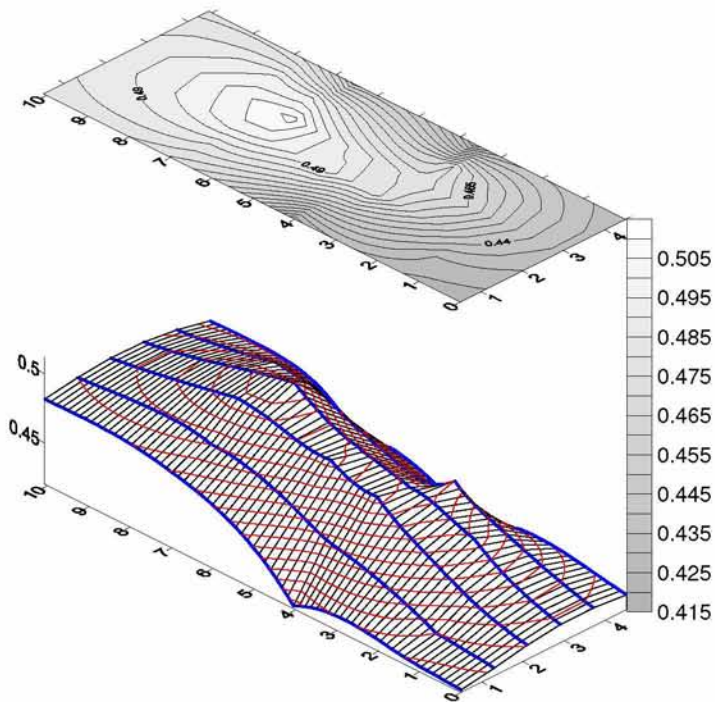
Υ1



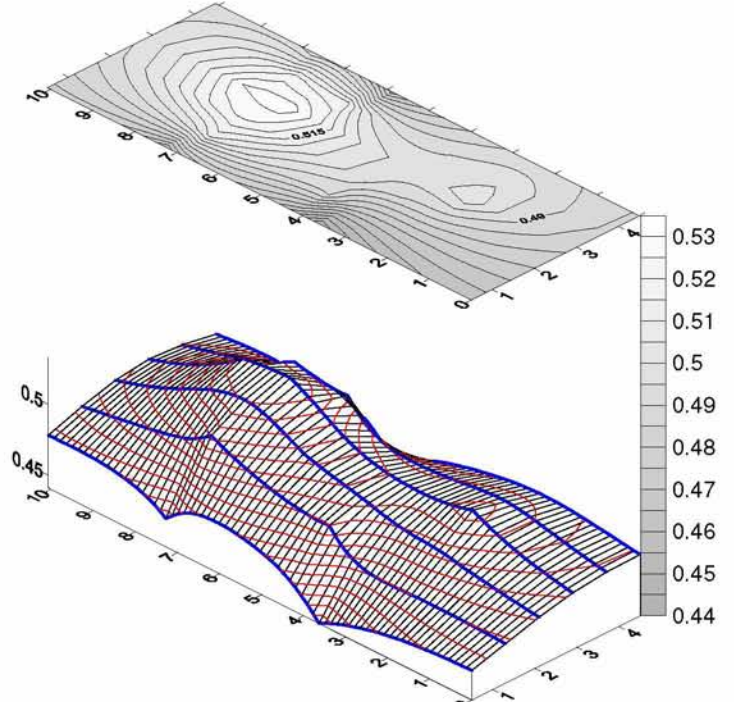
Υ6



Υ12

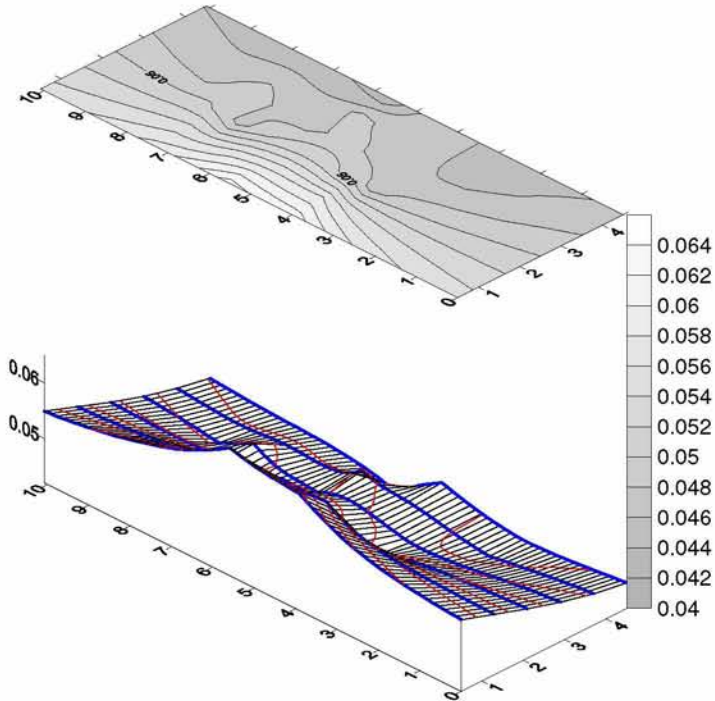


Υ15

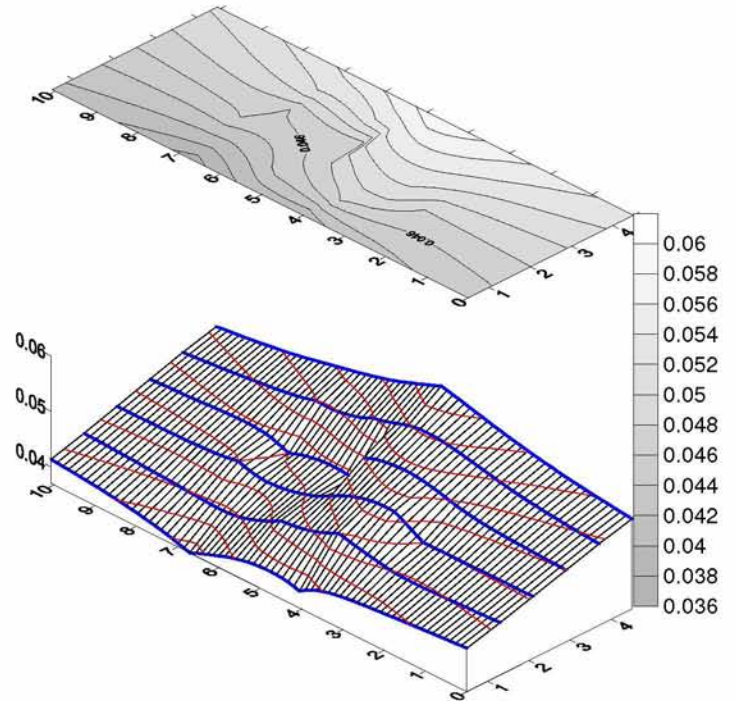


ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 6^Η ΚΟΠΗ 7/10/2005

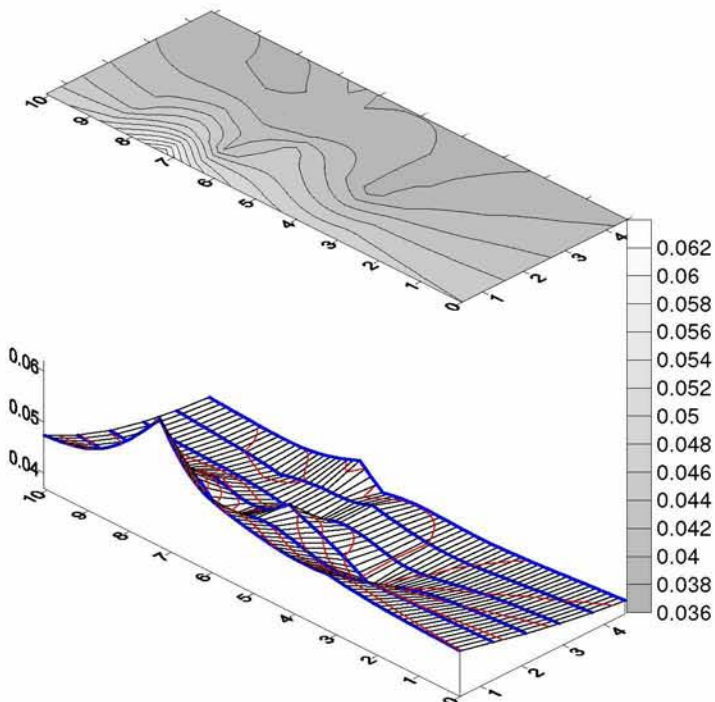
M4



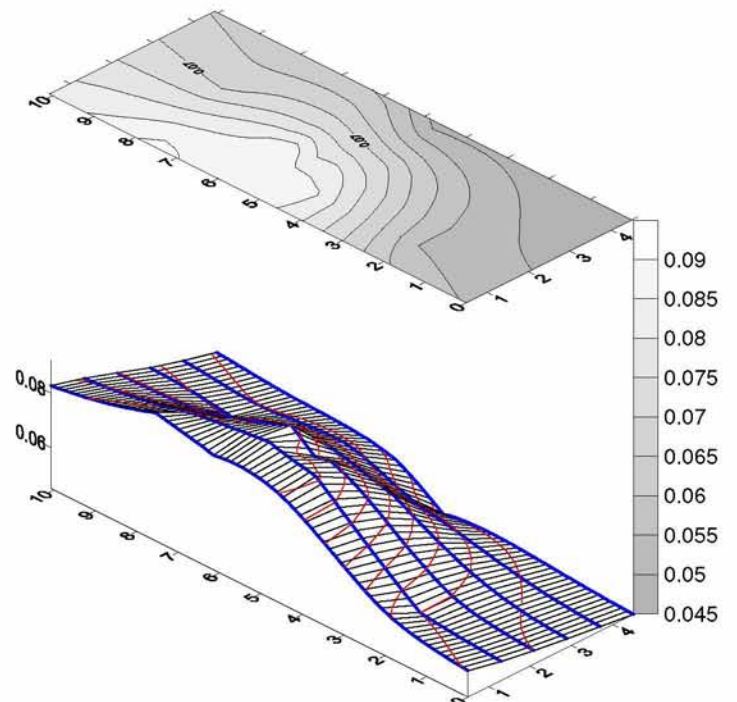
M5



M10

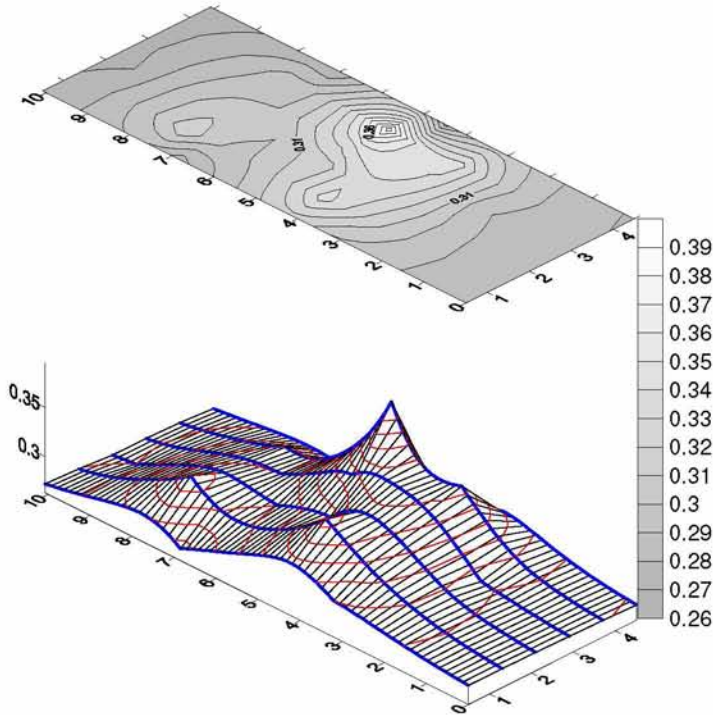


M14

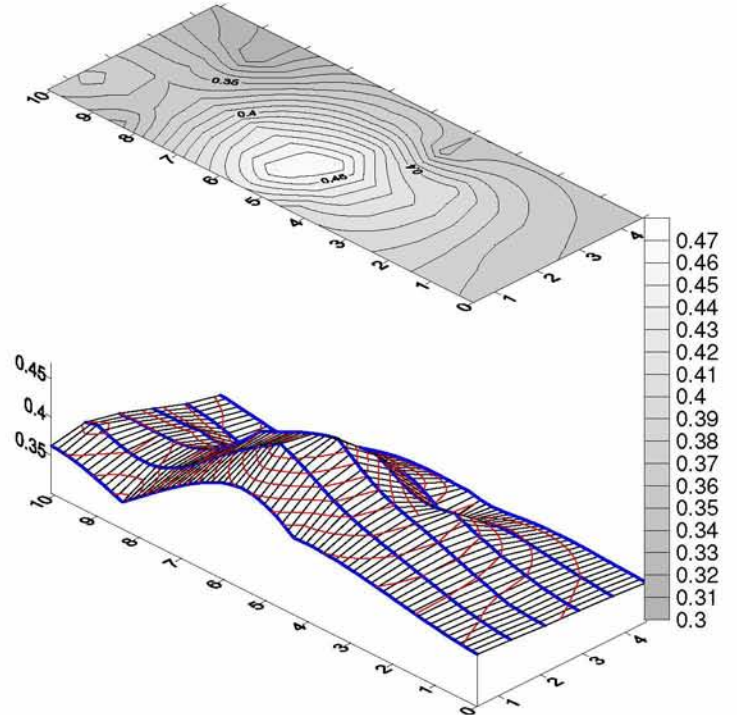


ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2006

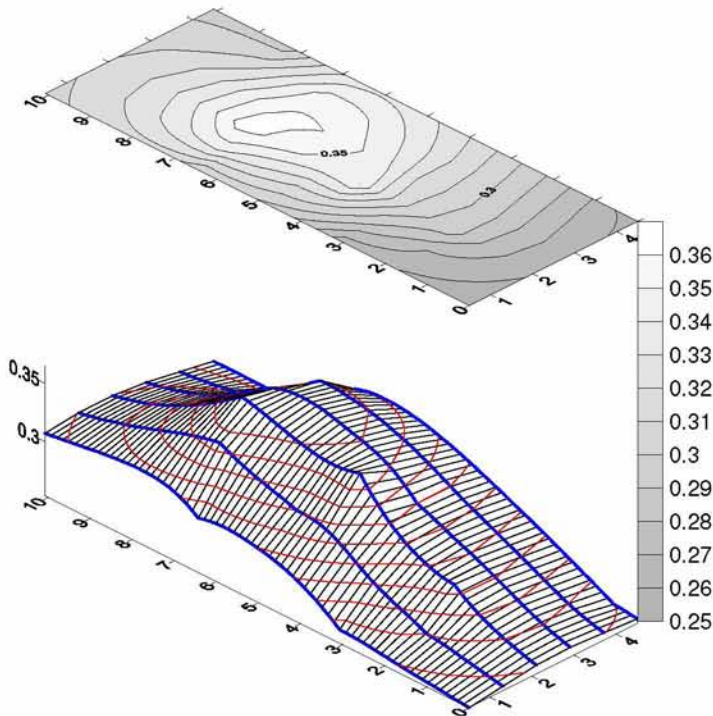
E2



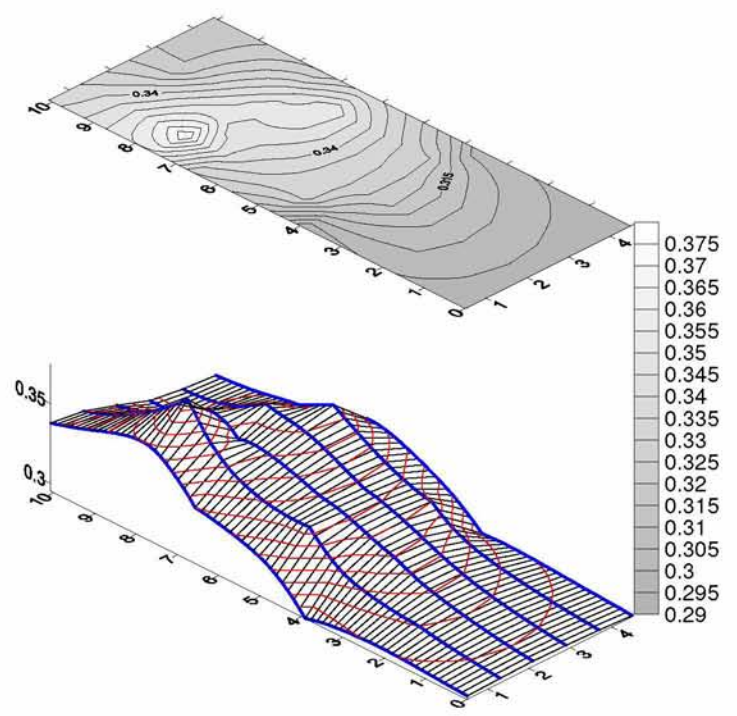
E8



E9

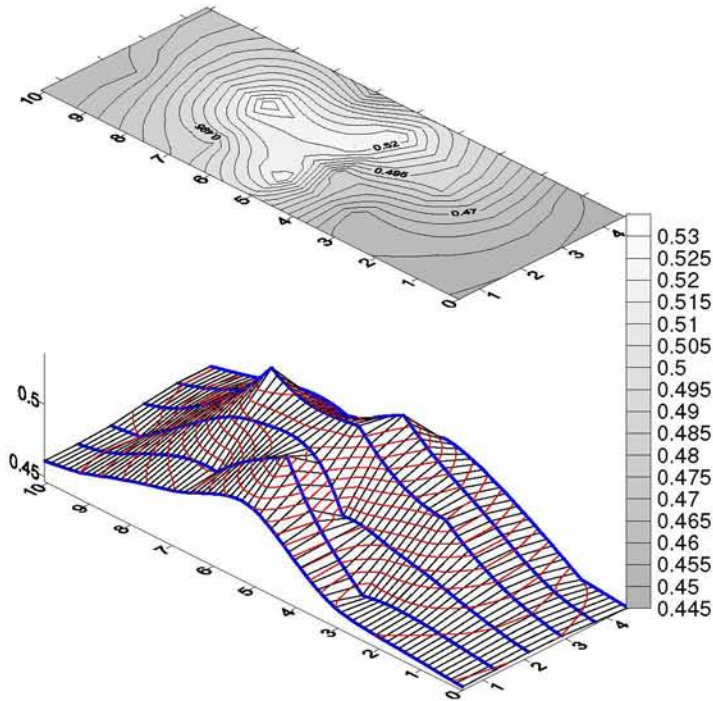


E16

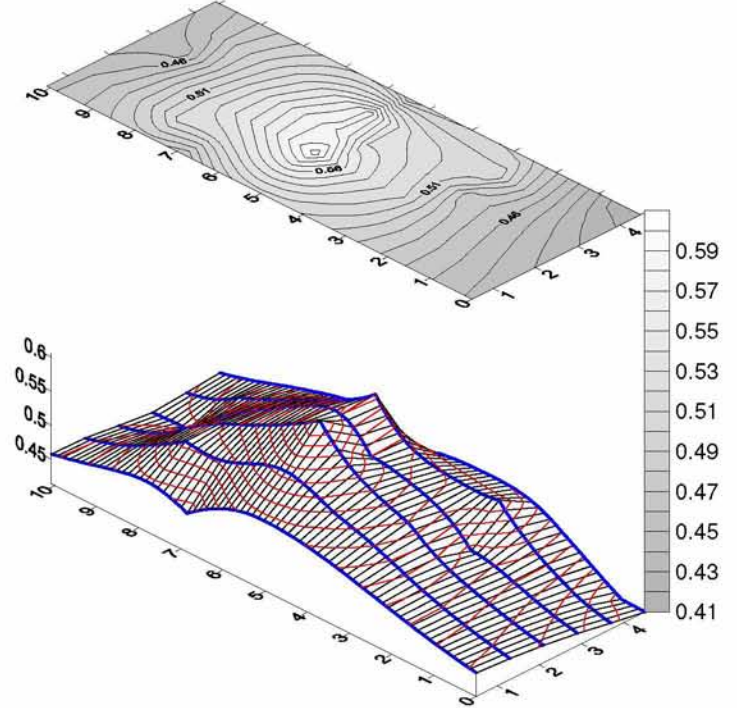


ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2006

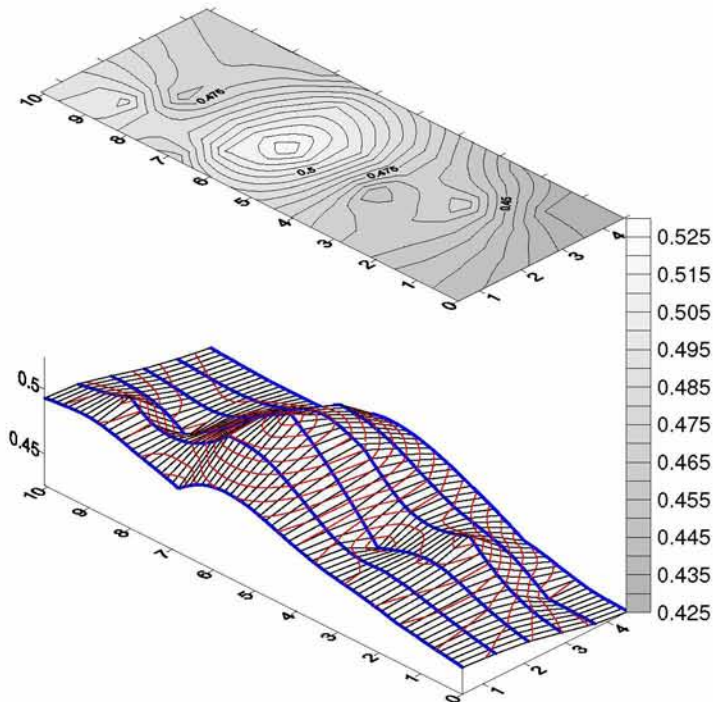
E3



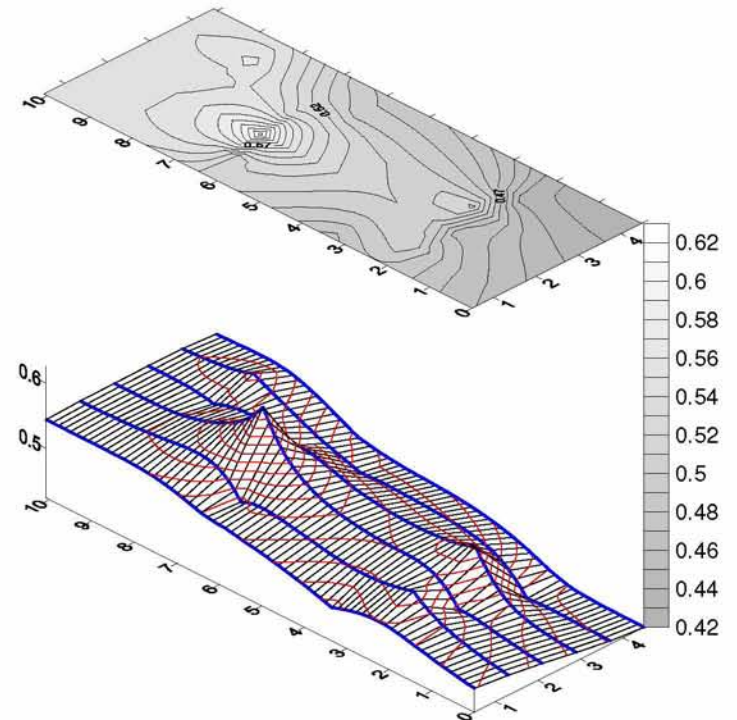
E7



E11

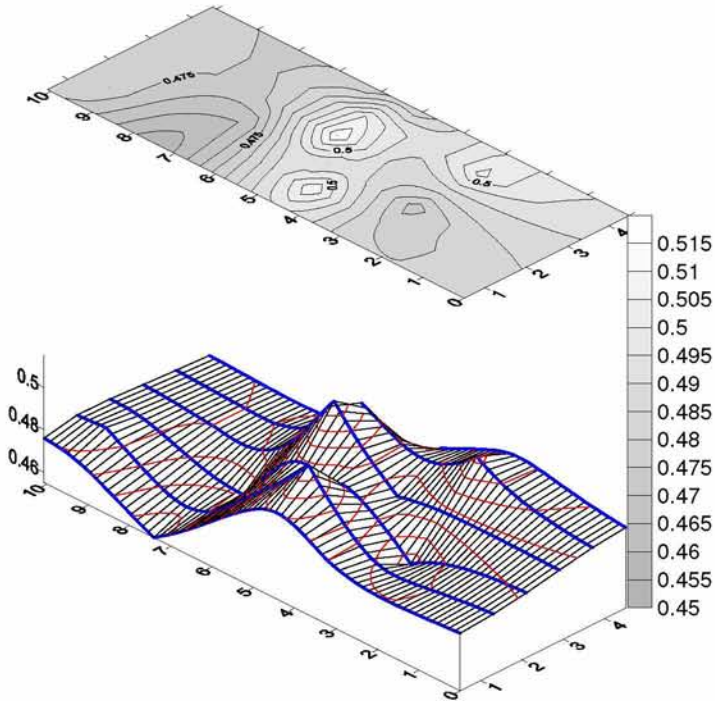


E13

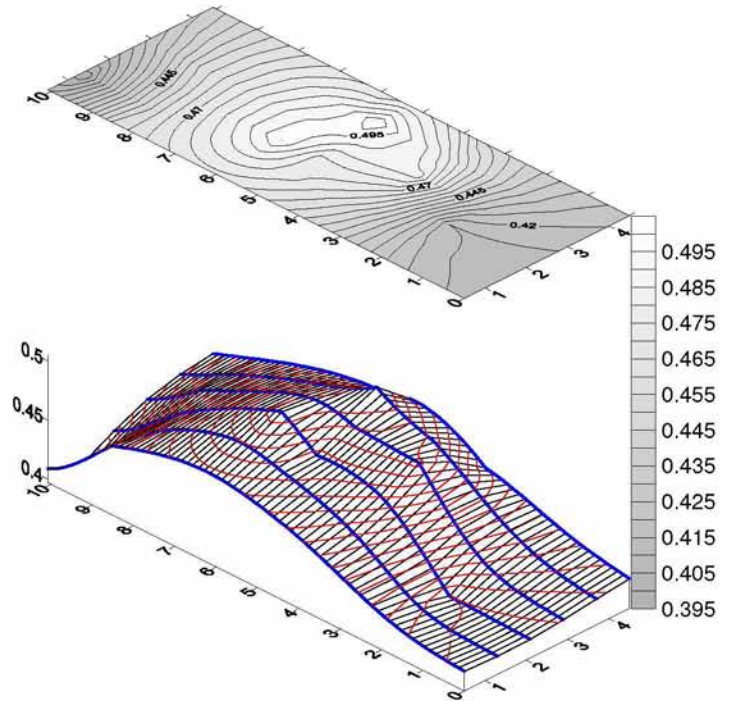


ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΥΠΟΓΕΙΑ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2006

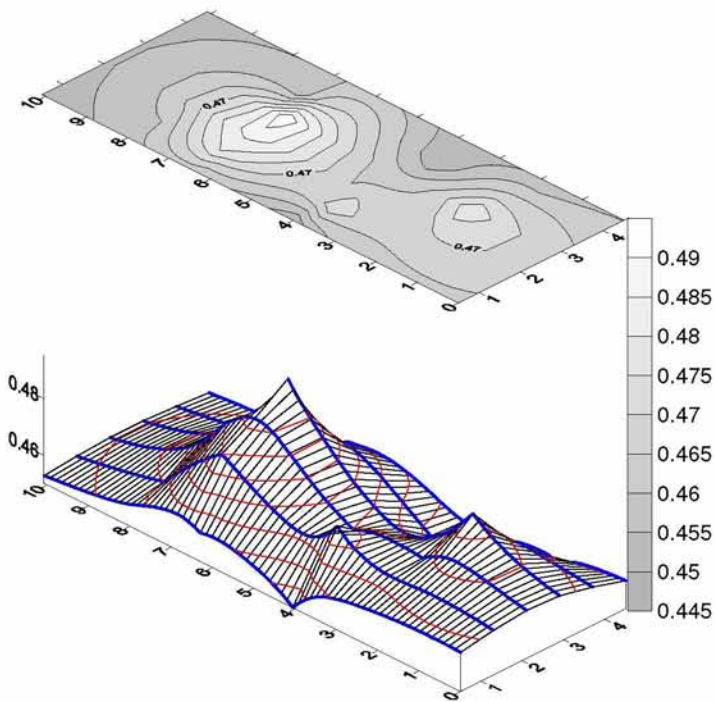
Υ1



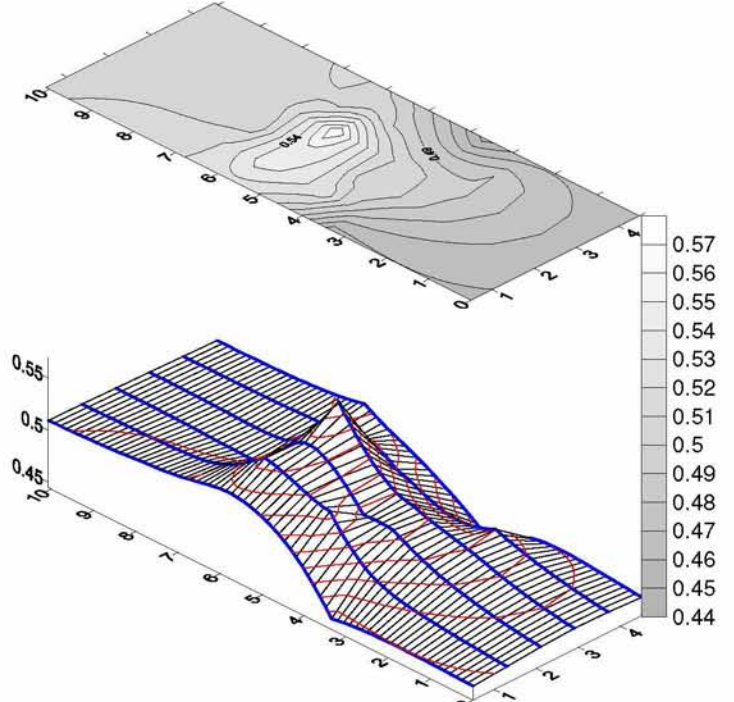
Υ6



Υ12

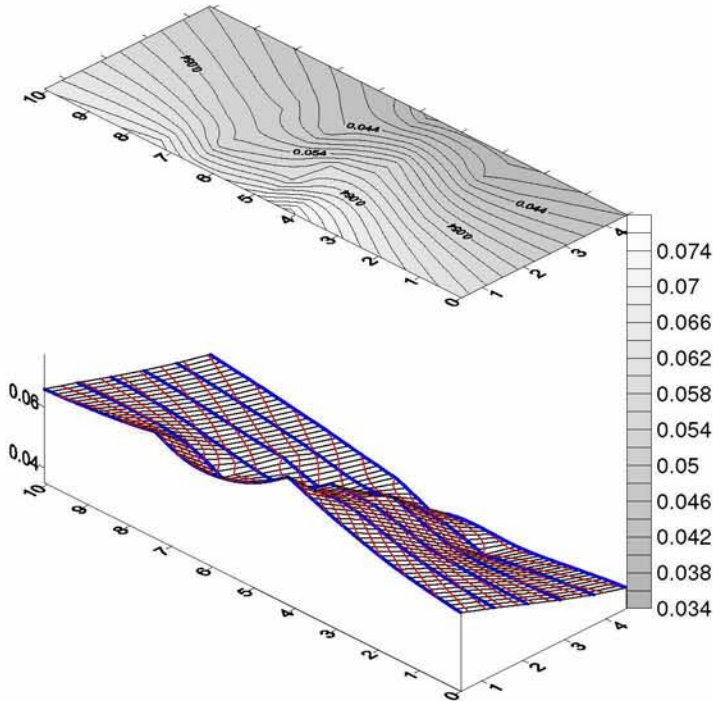


Υ15

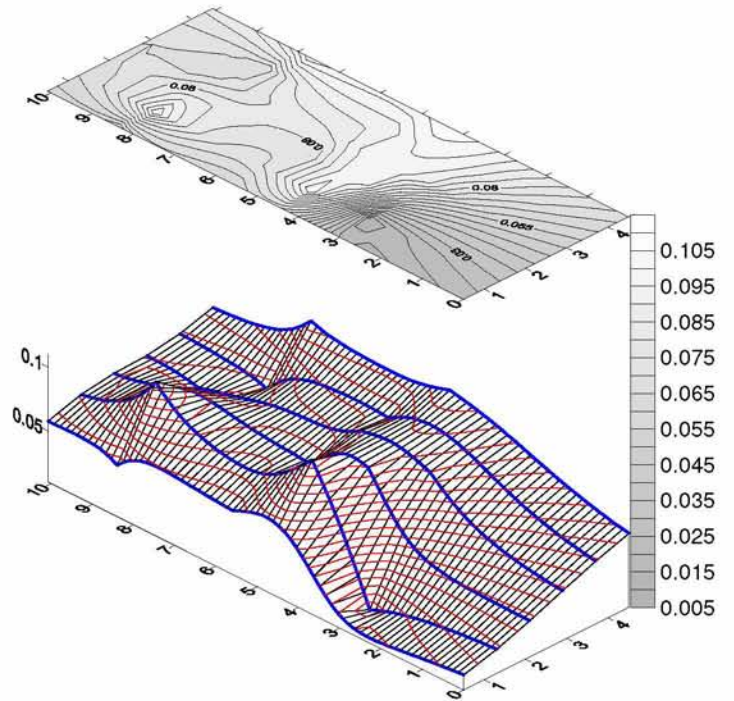


ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2006

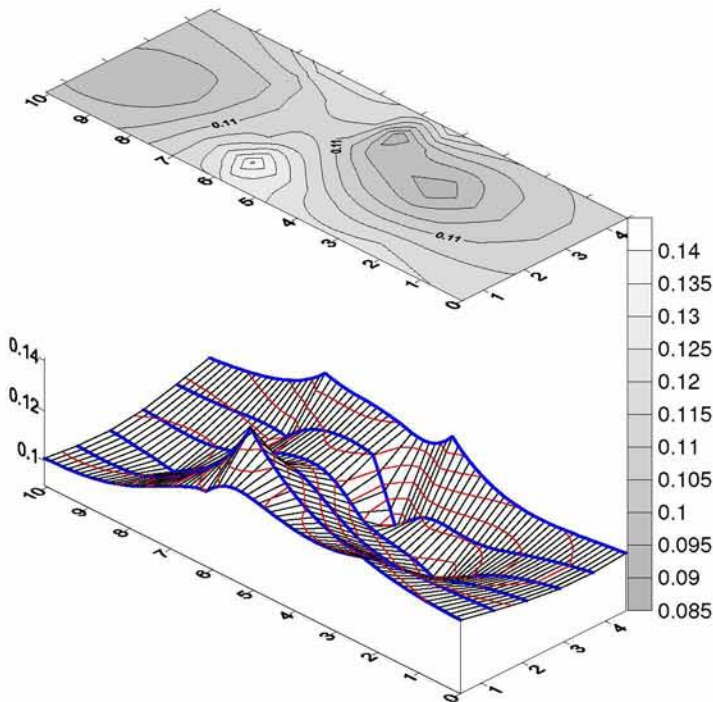
M4



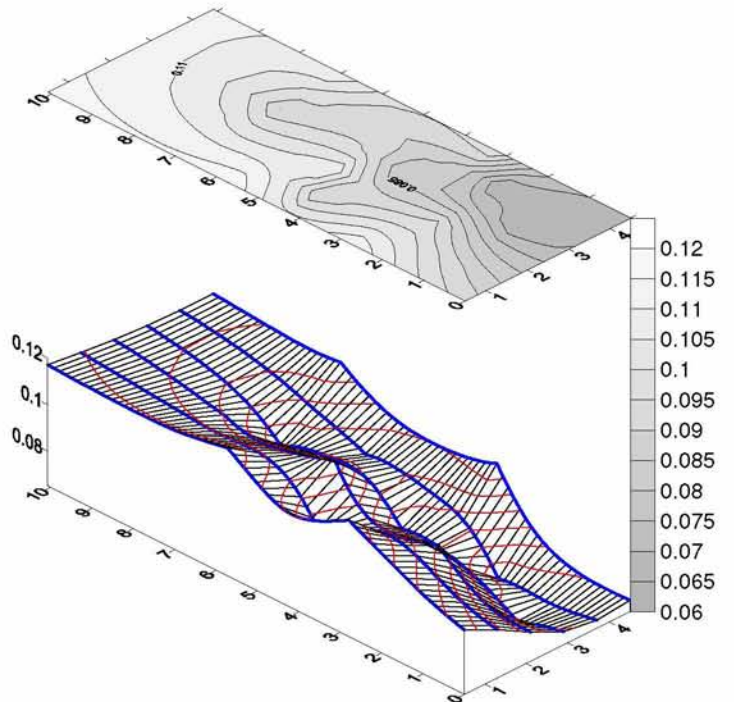
M5



M10

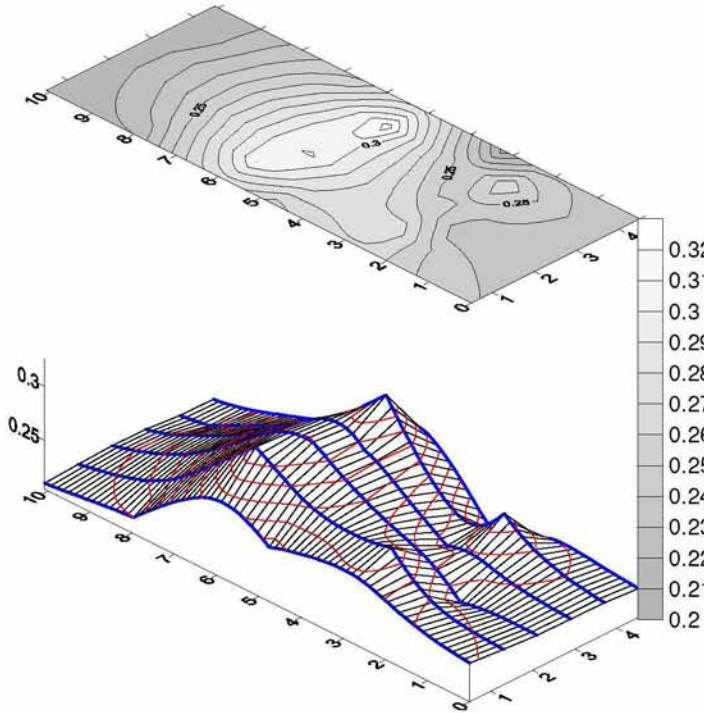


M14

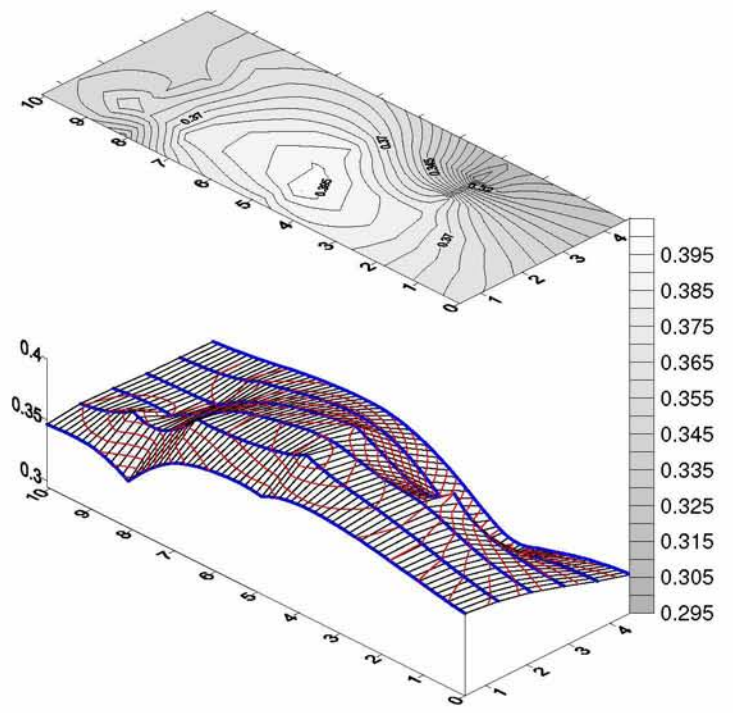


ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 6^Η ΚΟΠΗ 7/10/2006

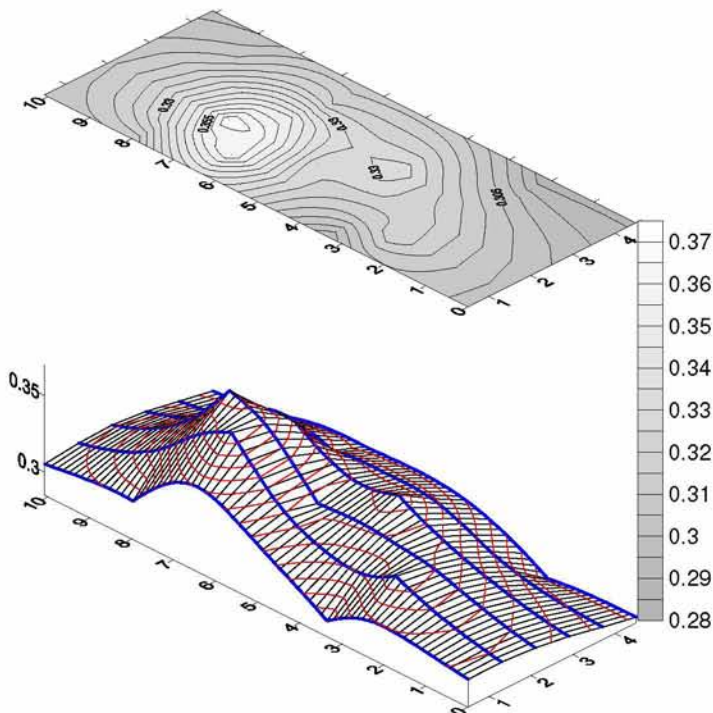
E2



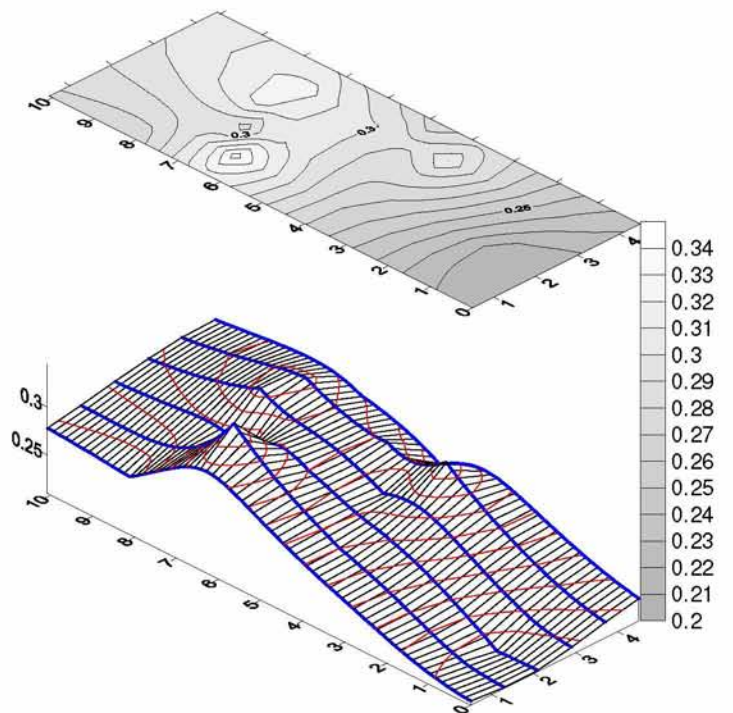
E8



E9

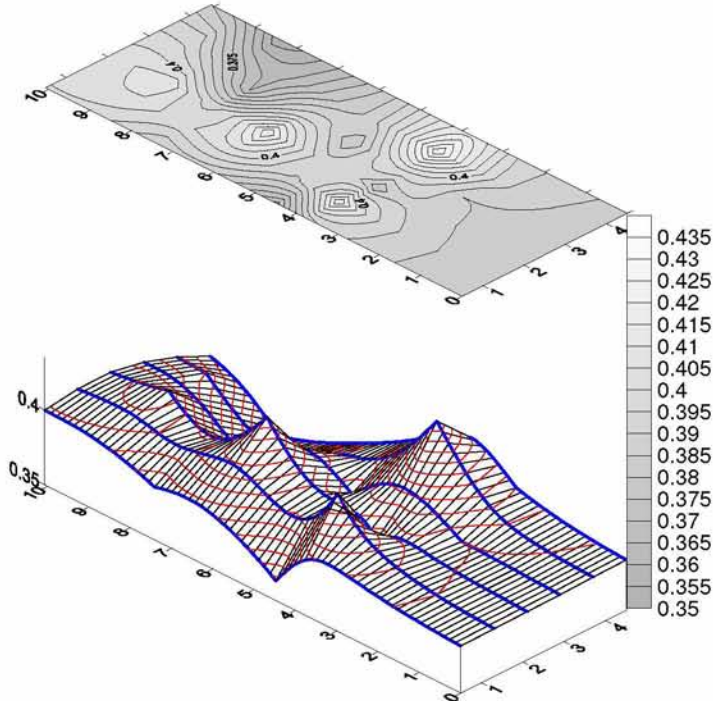


E16

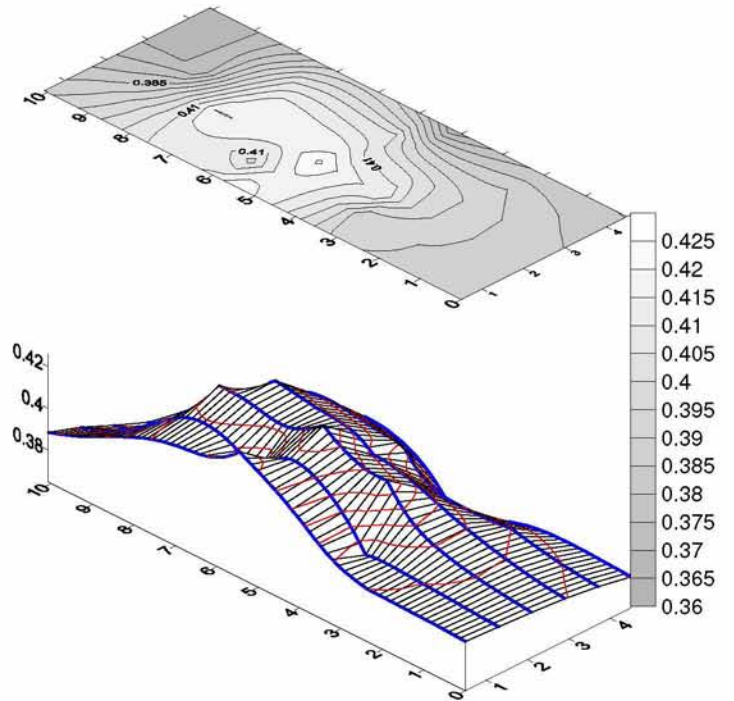


ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 6^Η ΚΟΠΗ 7/10/2006

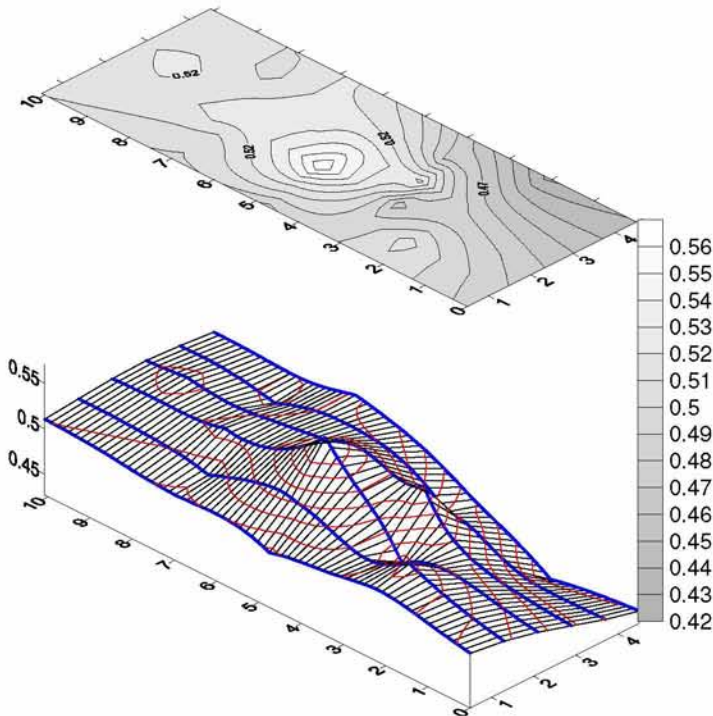
E3



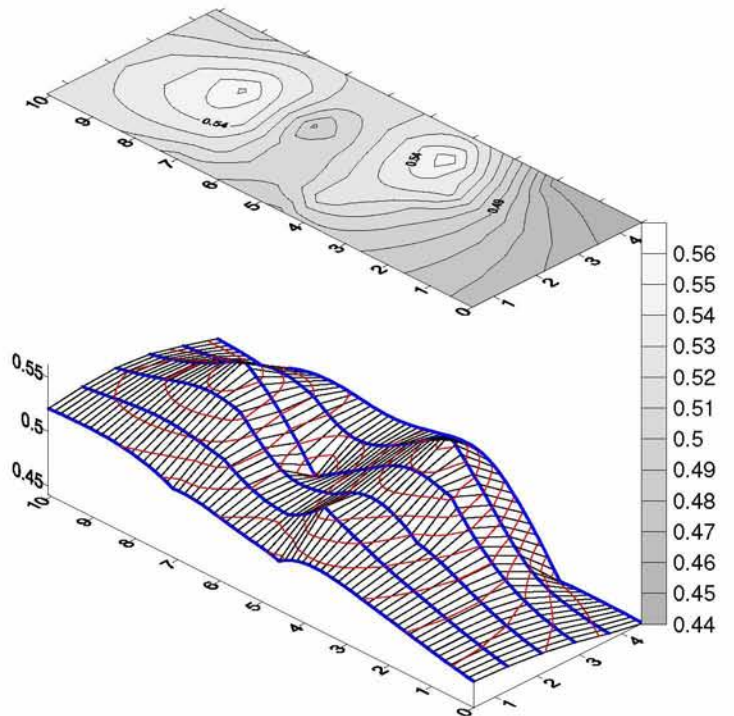
E7



E11

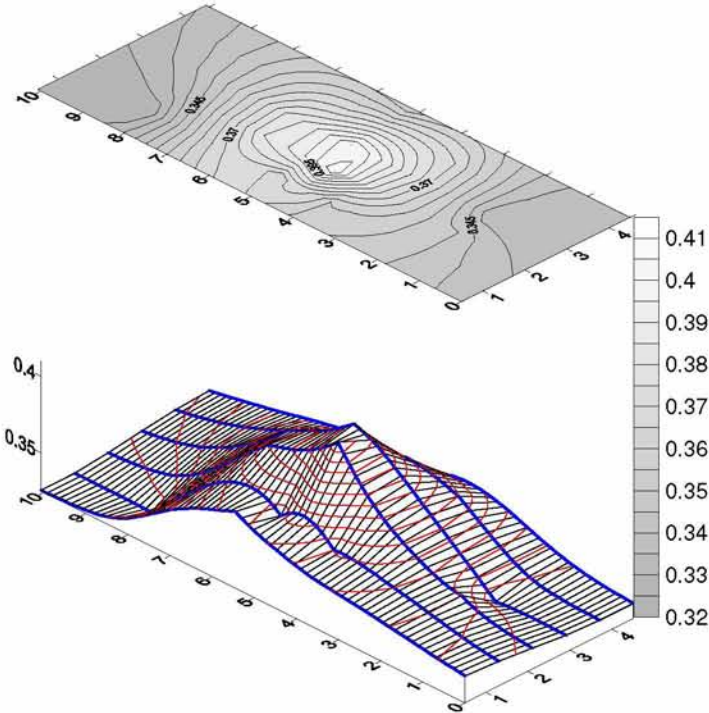


E13

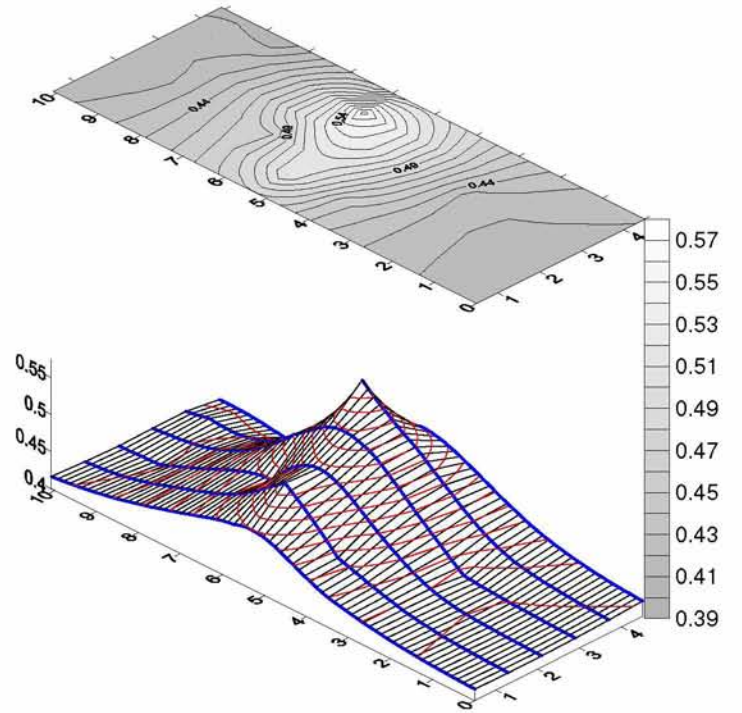


ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΥΠΟΓΕΙΑ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 6^Η ΚΟΠΗ 7/10/2006

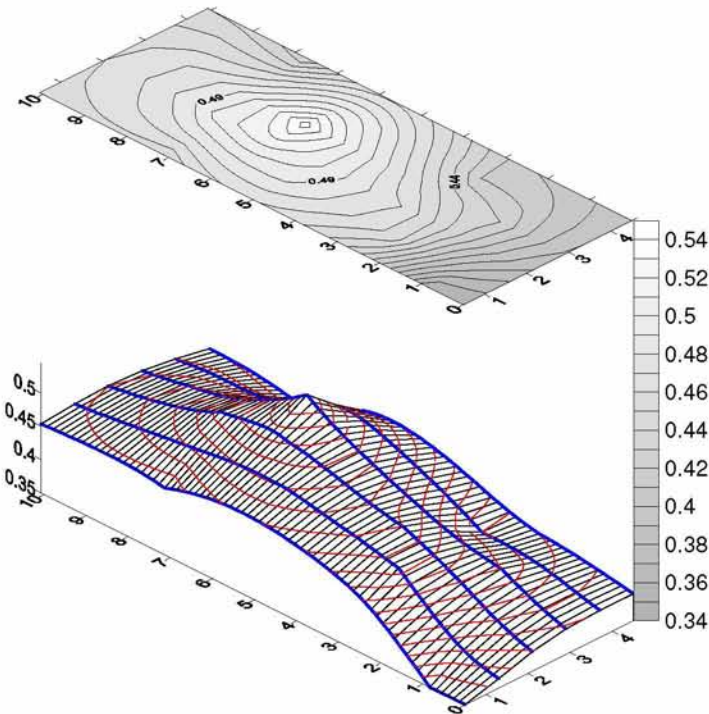
Υ1



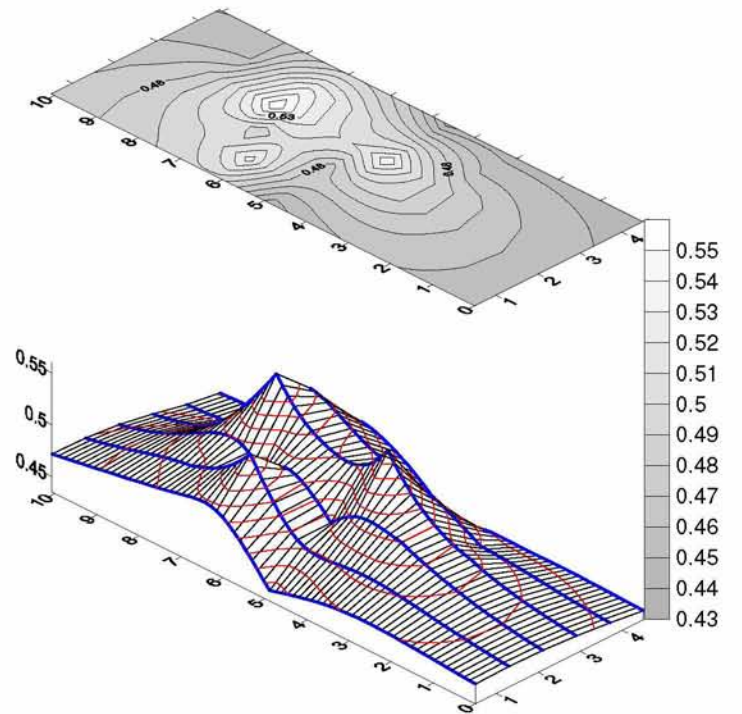
Υ6



Υ12

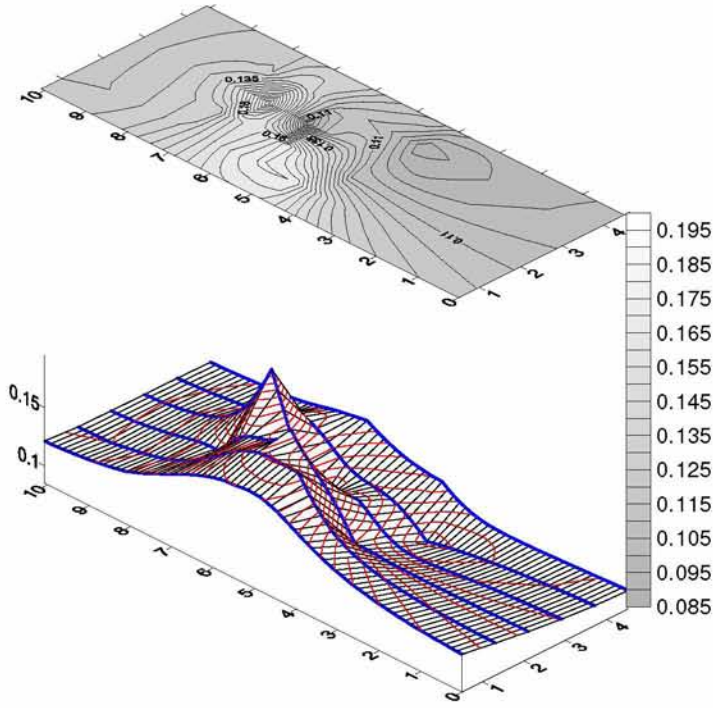


Υ15

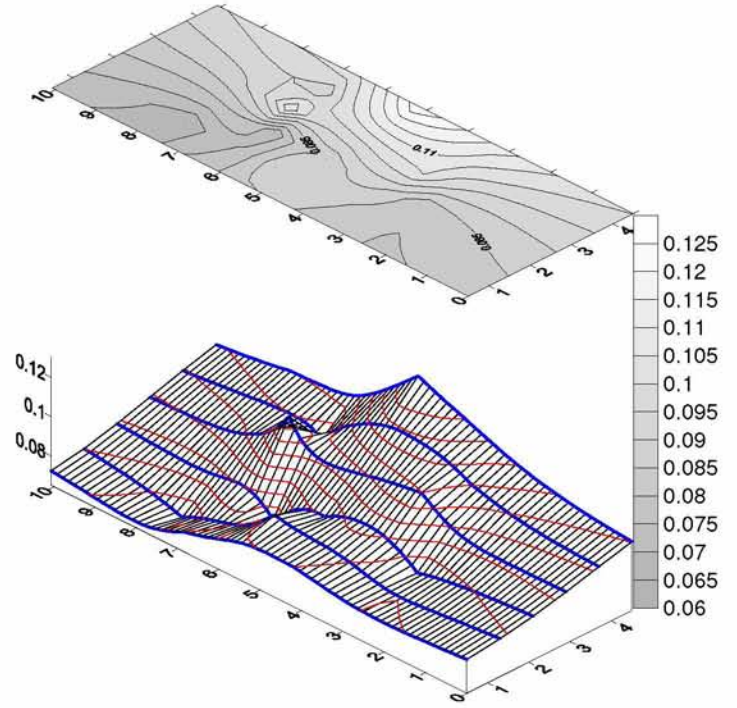


ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 6^Η ΚΟΠΗ 7/10/2006

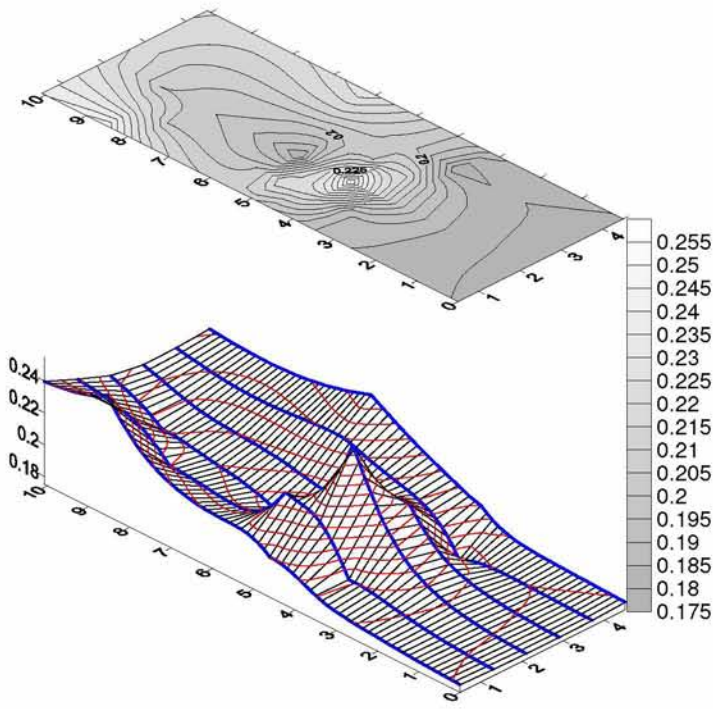
M4



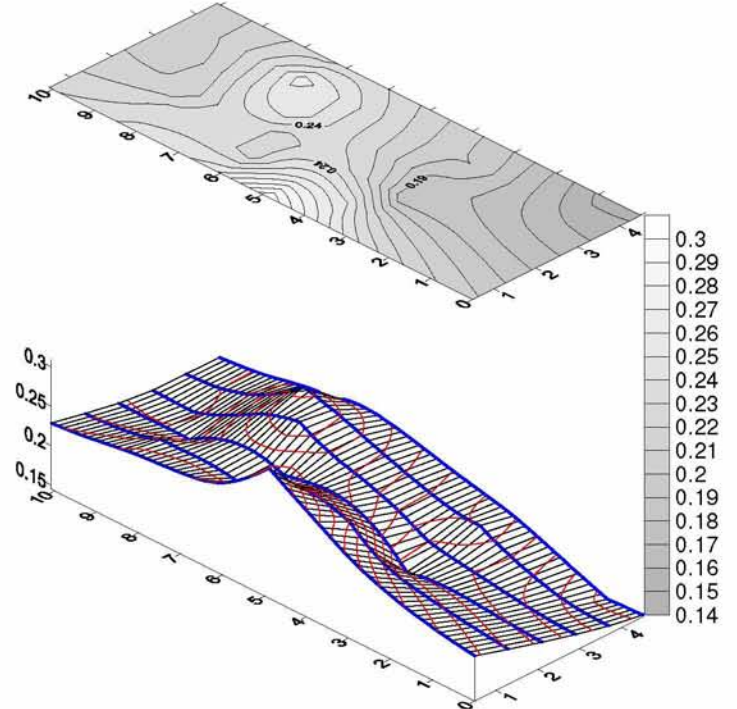
M5



M10

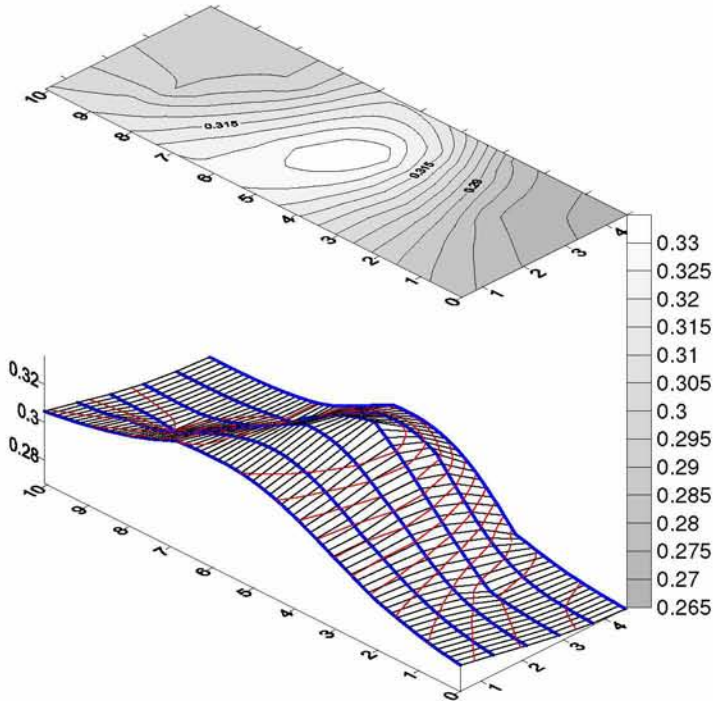


M14

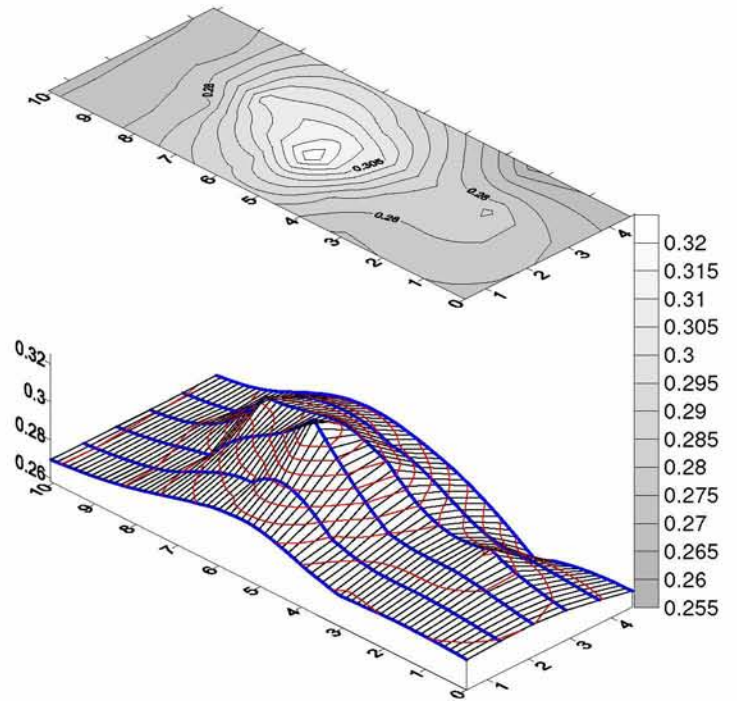


ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2007

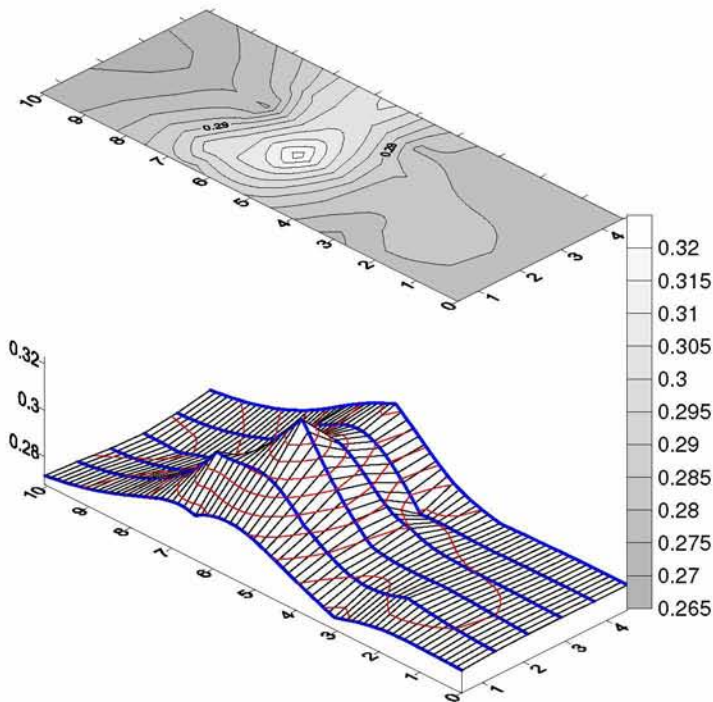
E2



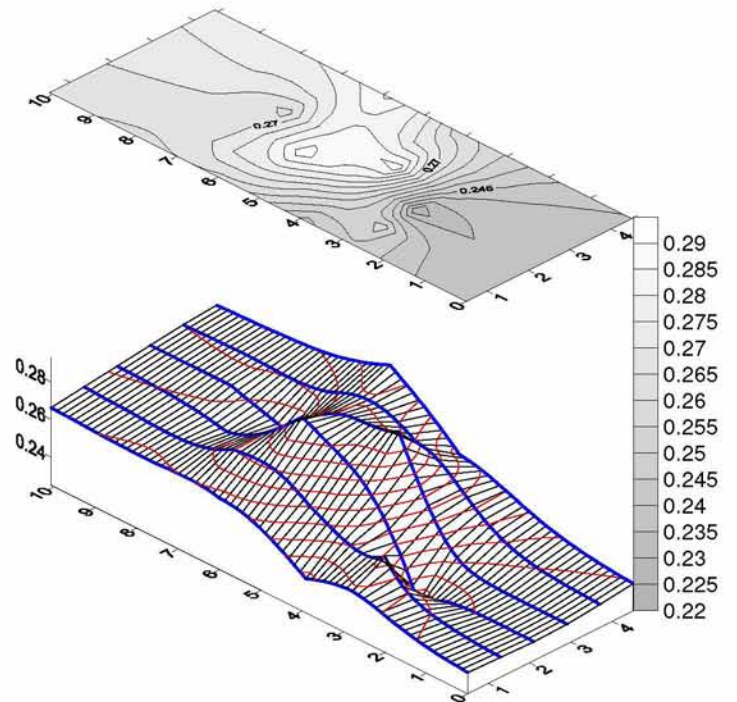
E8



E9

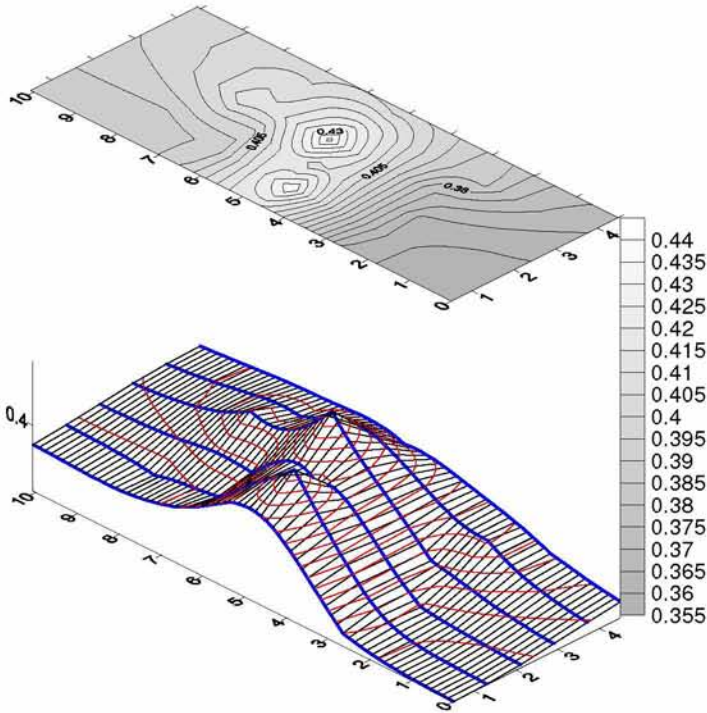


E16

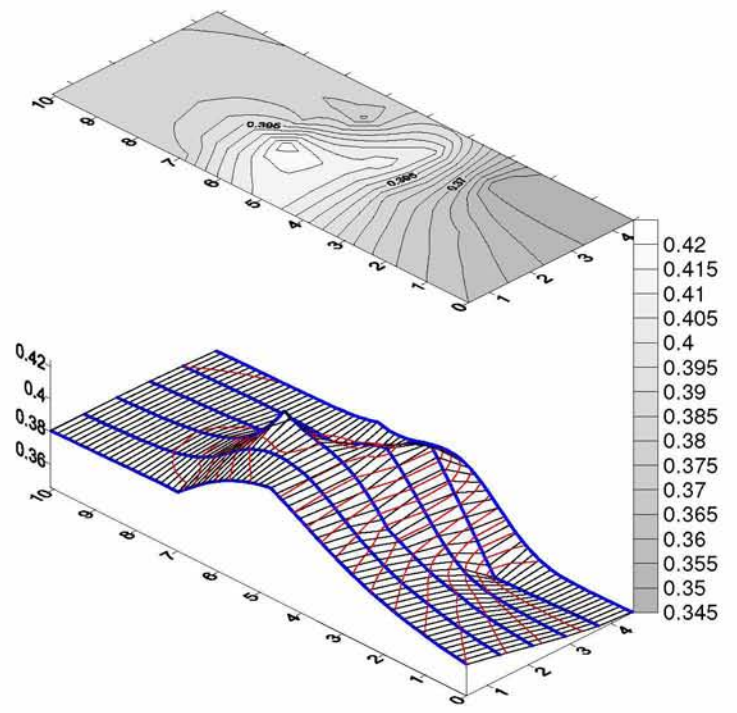


ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2007

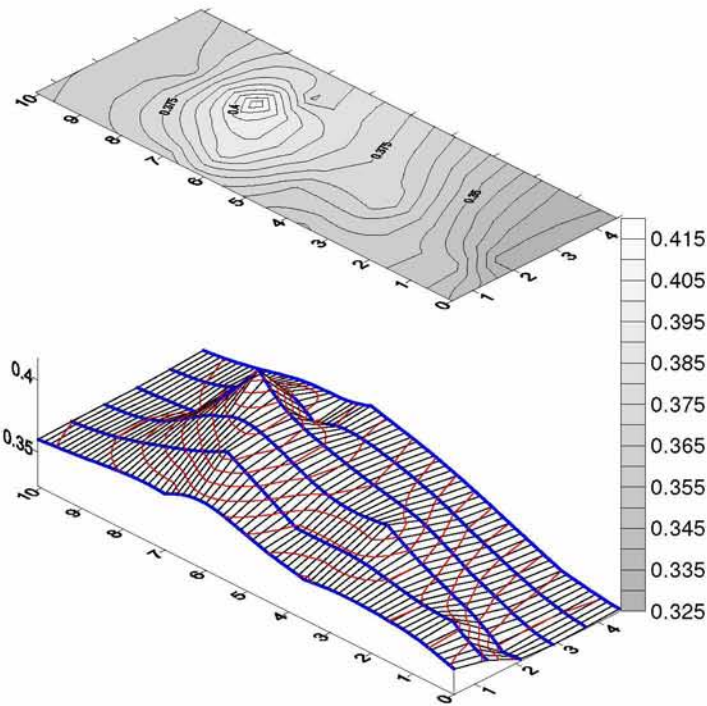
E3



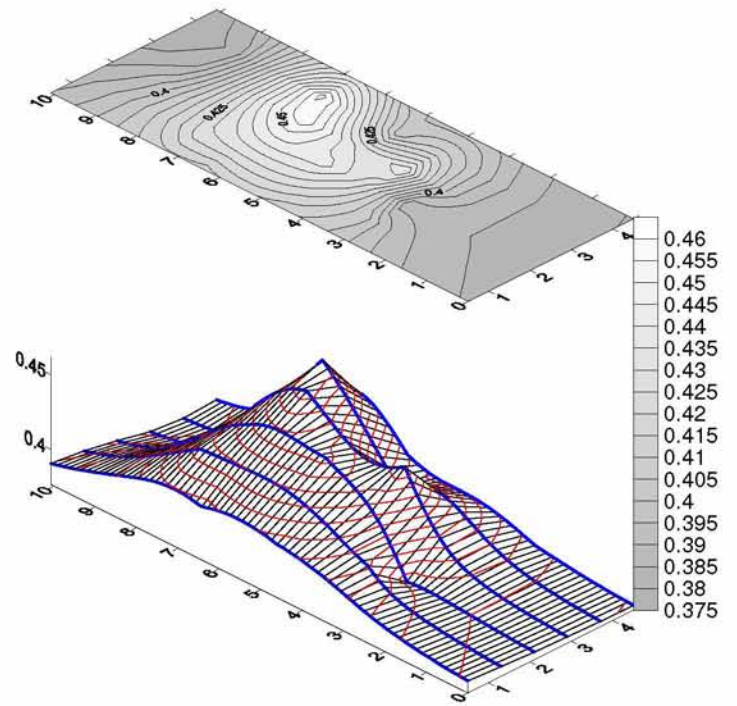
E7



E11

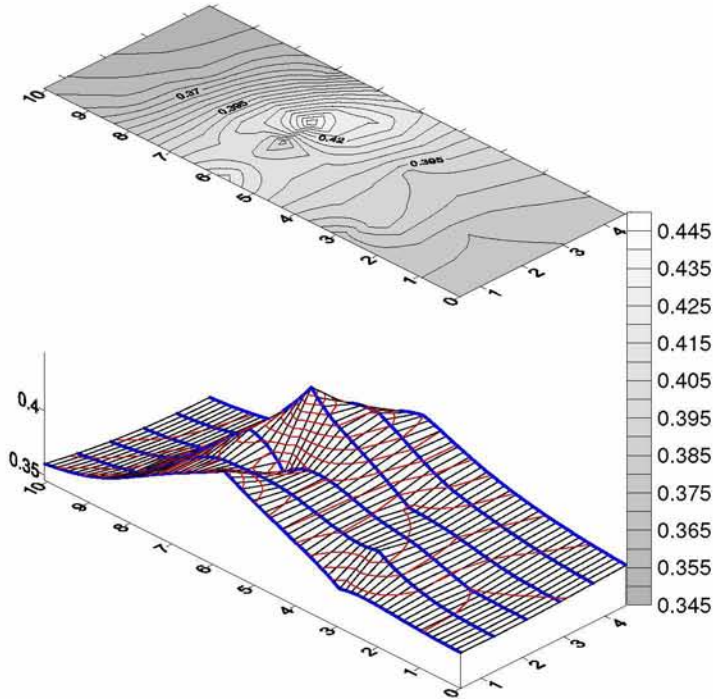


E13

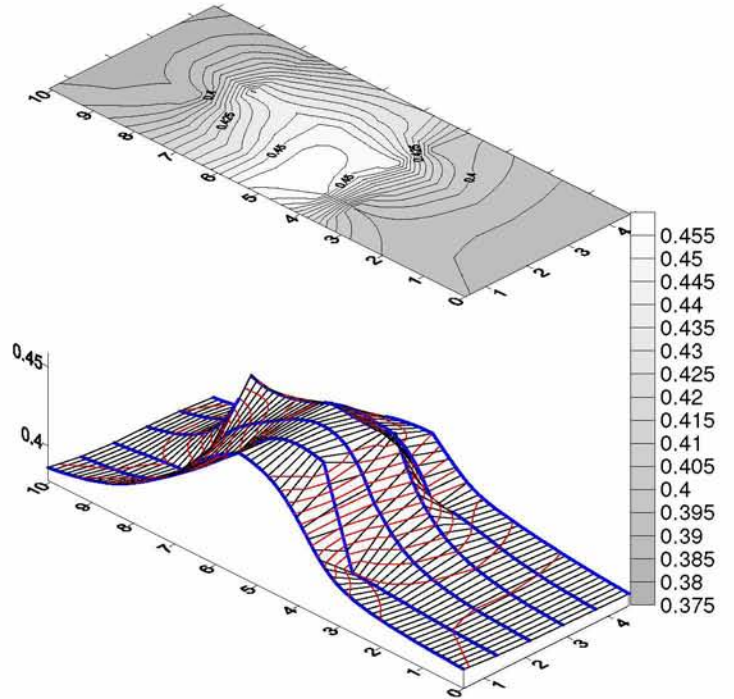


ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΥΠΟΓΕΙΑ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2007

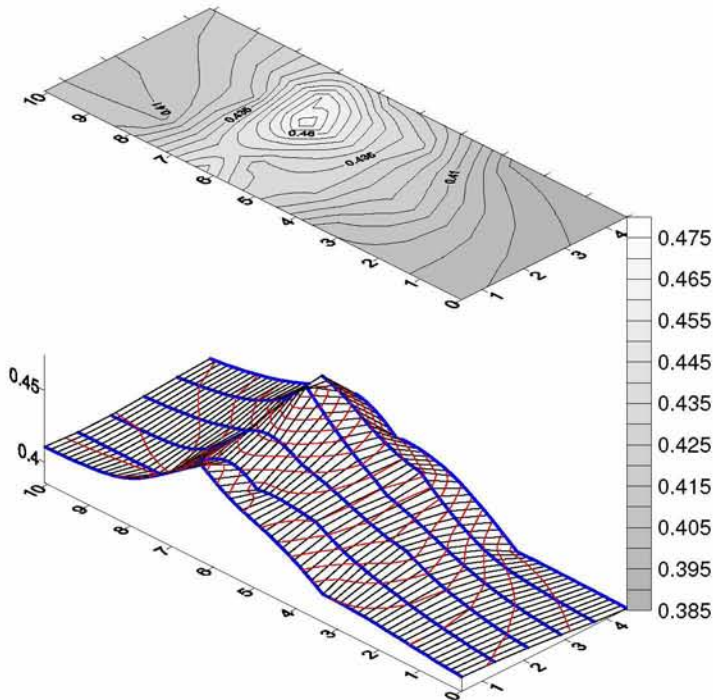
Υ1



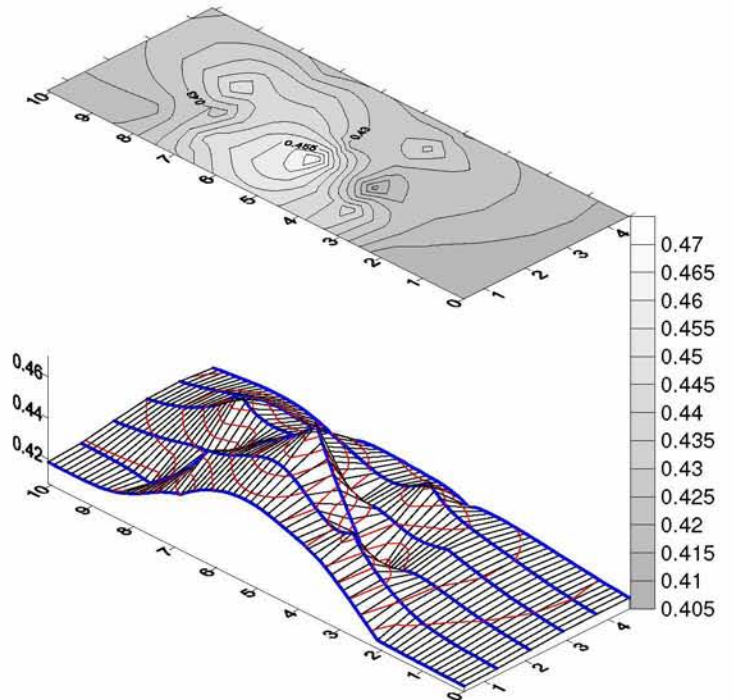
Υ6



Υ12

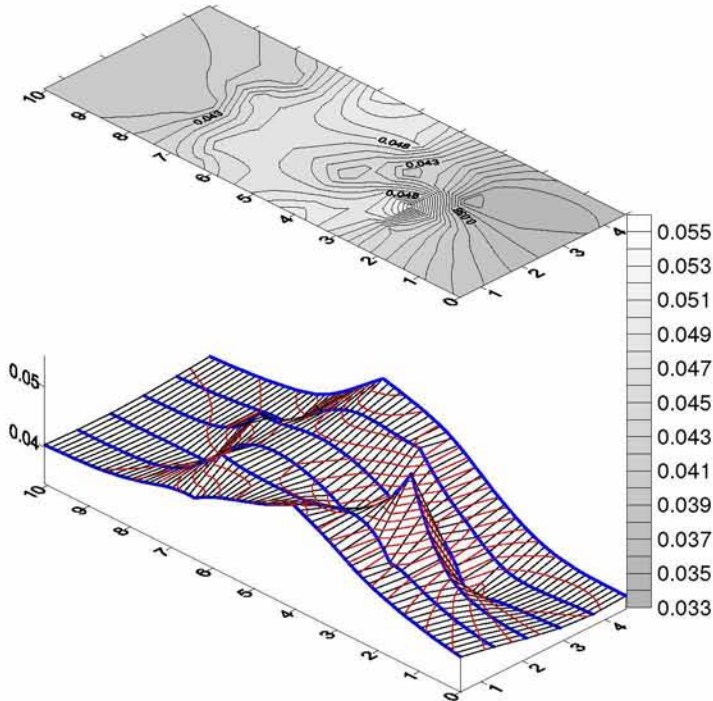


Υ15

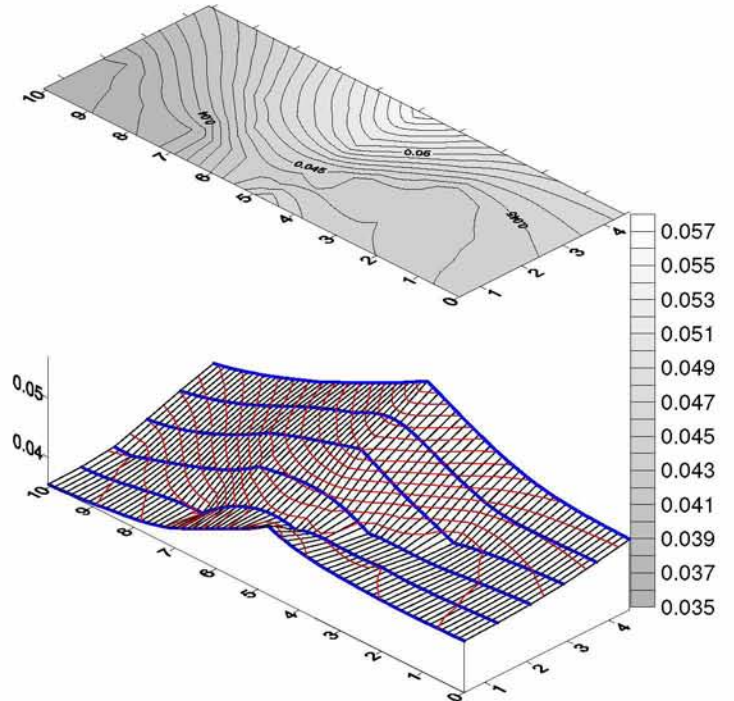


ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 5^Η ΚΟΠΗ 22/9/2007

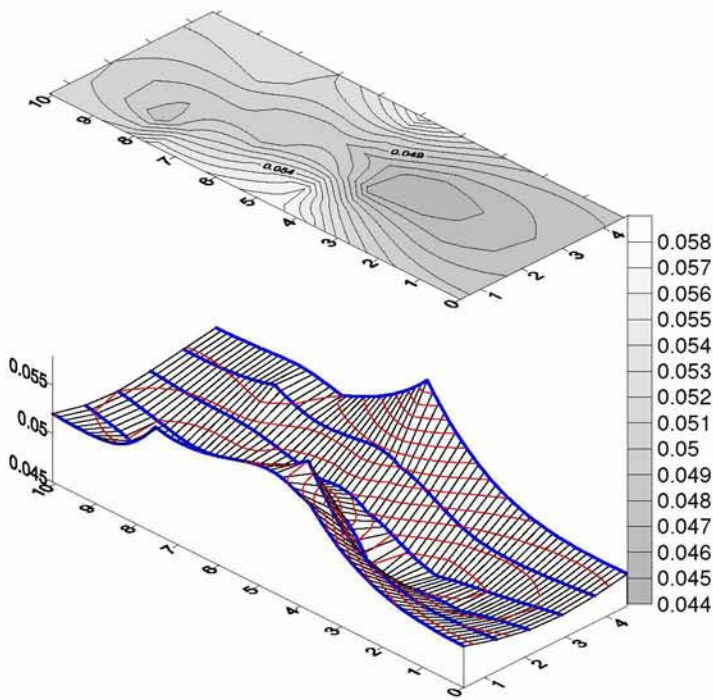
M4



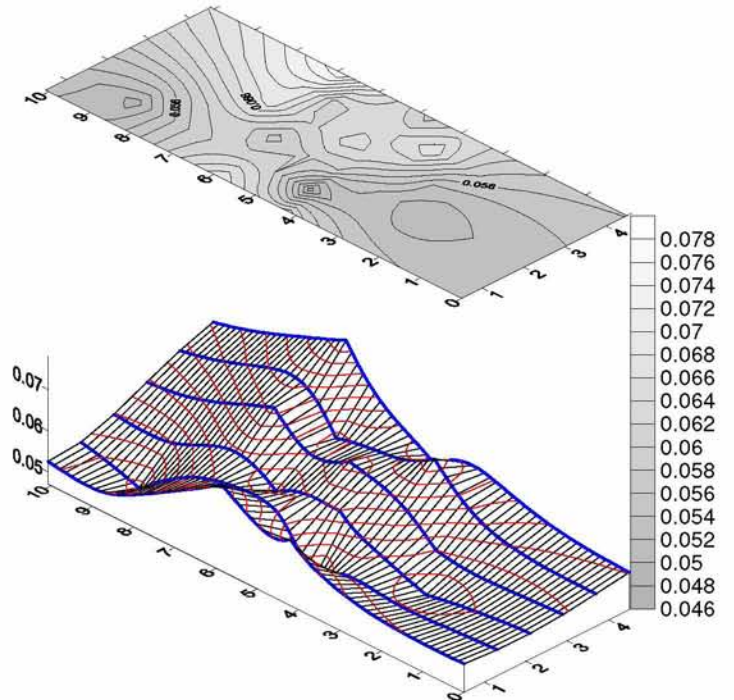
M5



M10

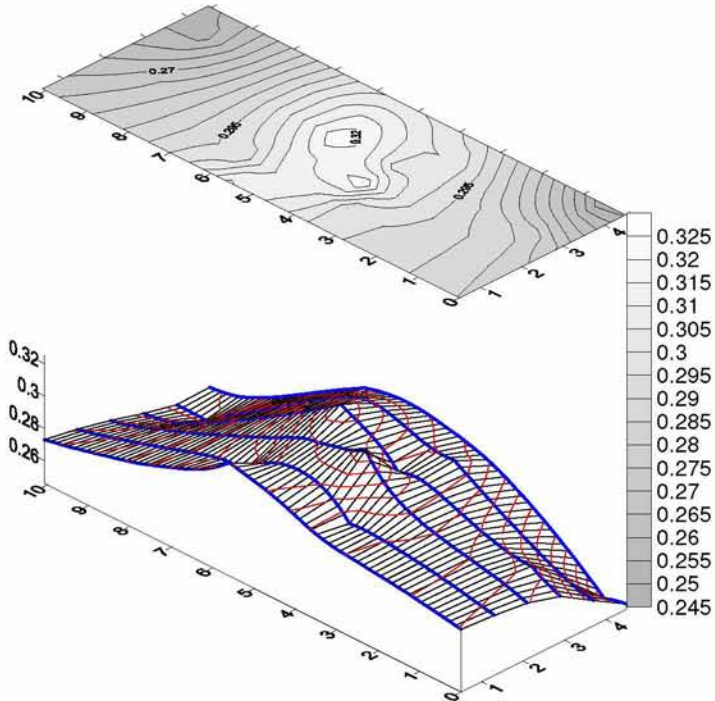


M14

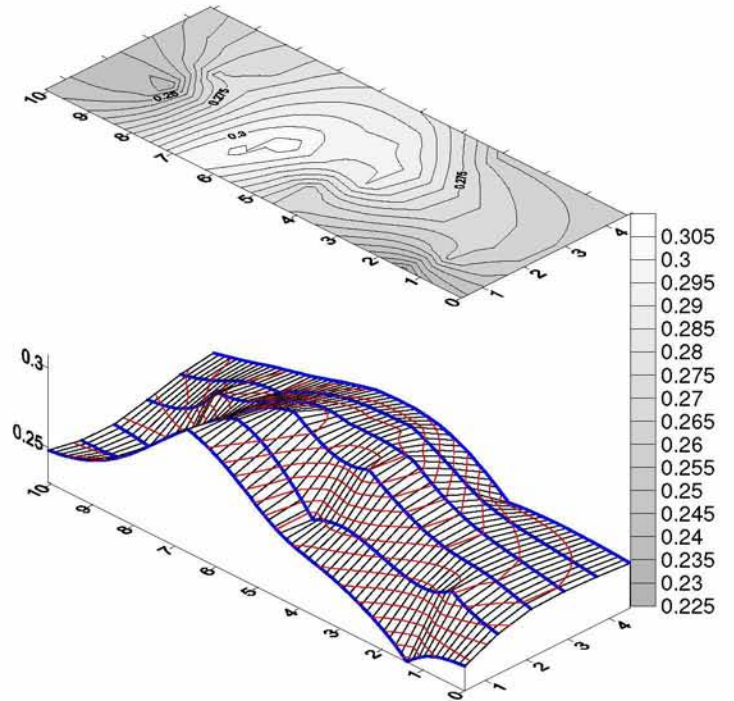


ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 6^Η ΚΟΠΗ 7/10/2007

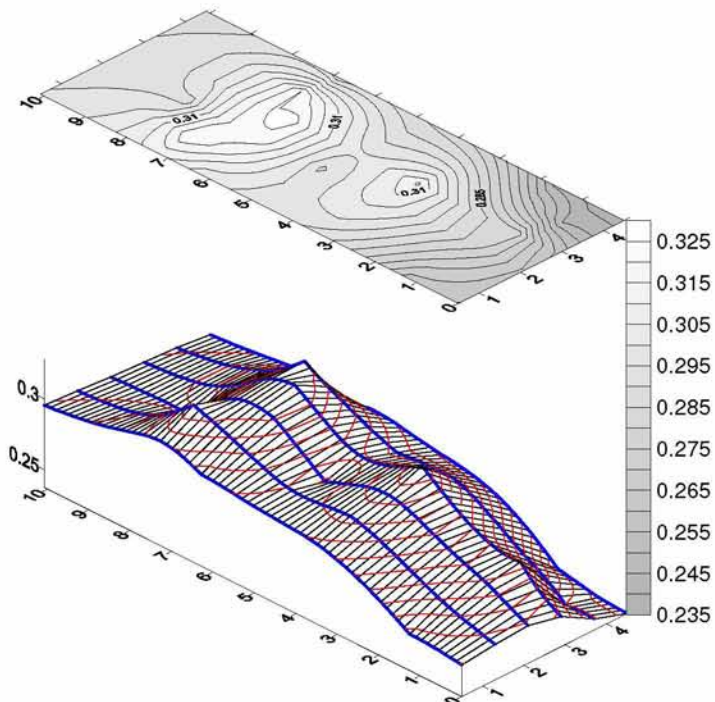
E2



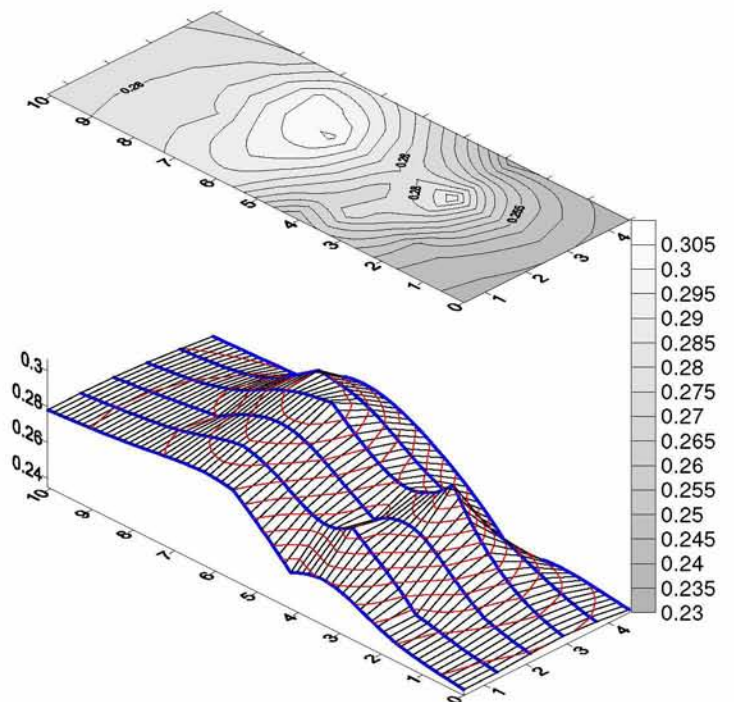
E8



E9

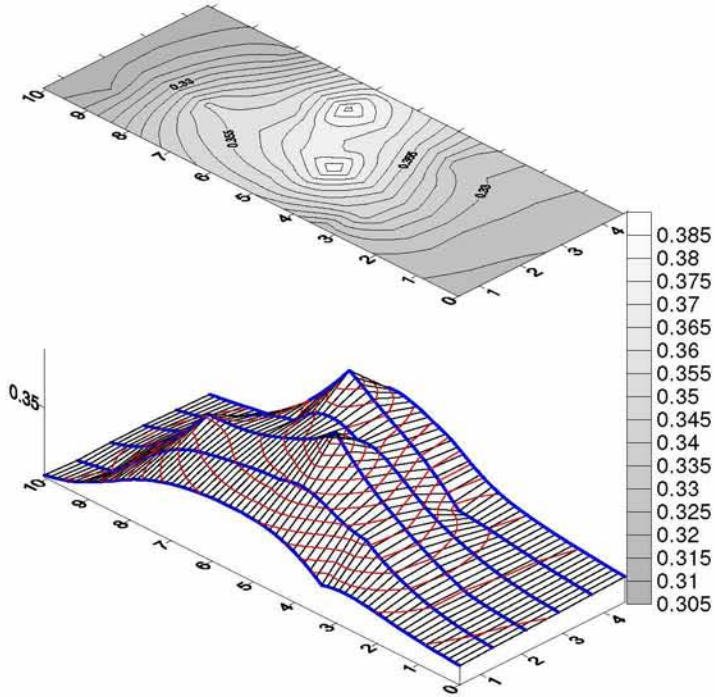


E16

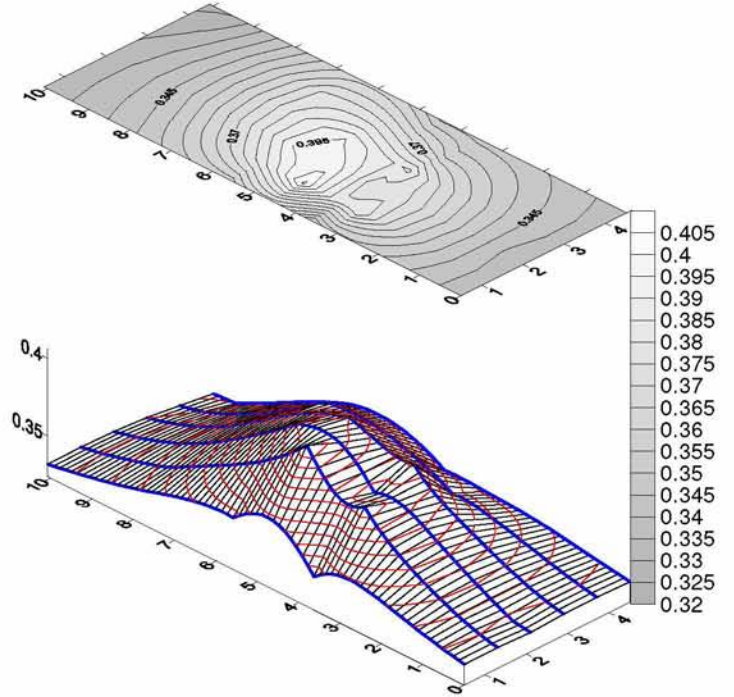


ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ 100% ΑΡΔΕΥΣΗ 6^Η ΚΟΠΗ 7/10/2007

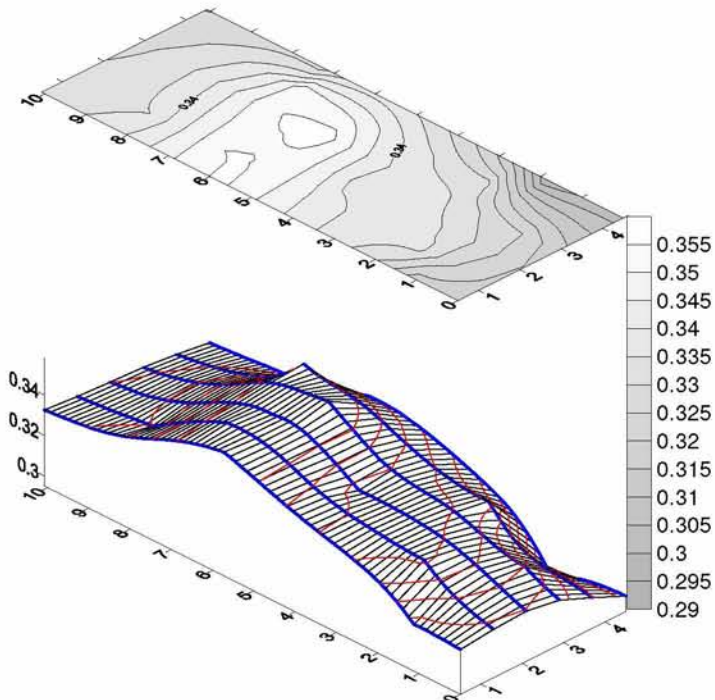
E3



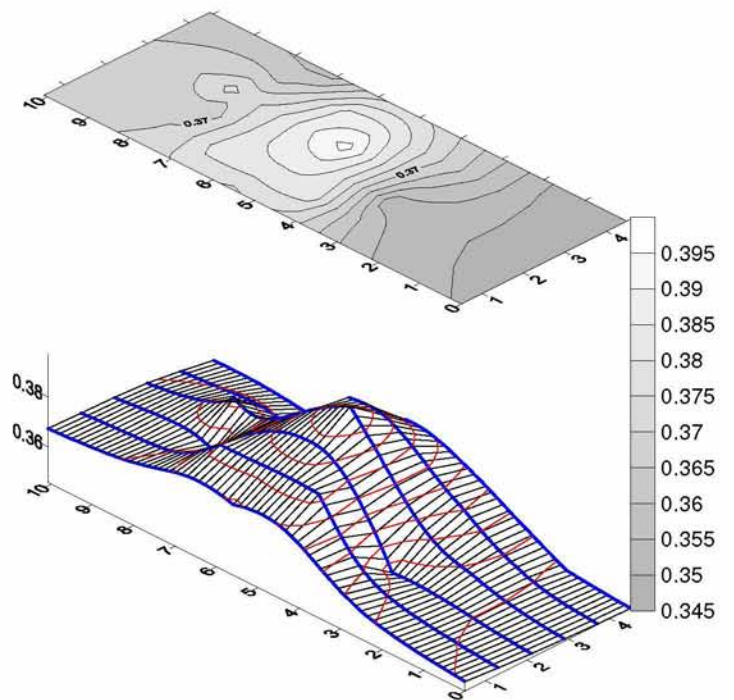
E7



E11

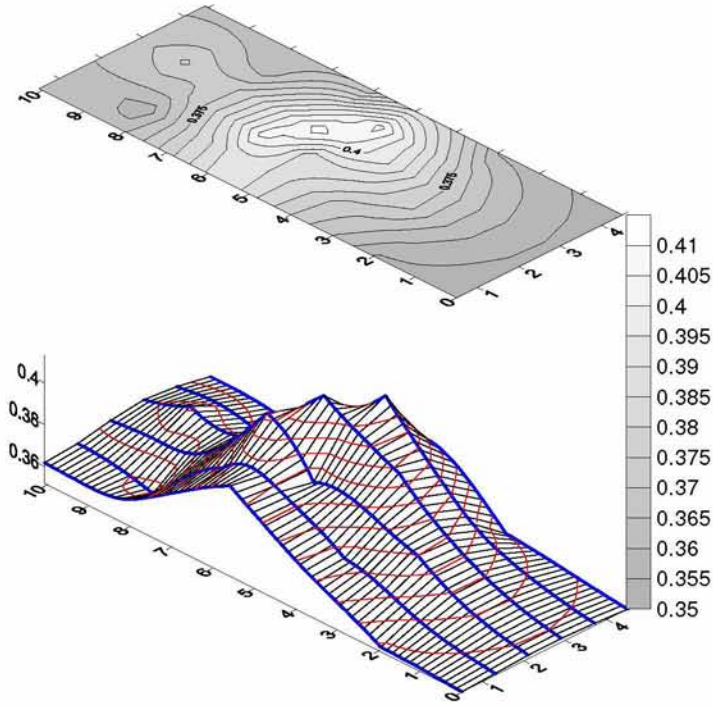


E13

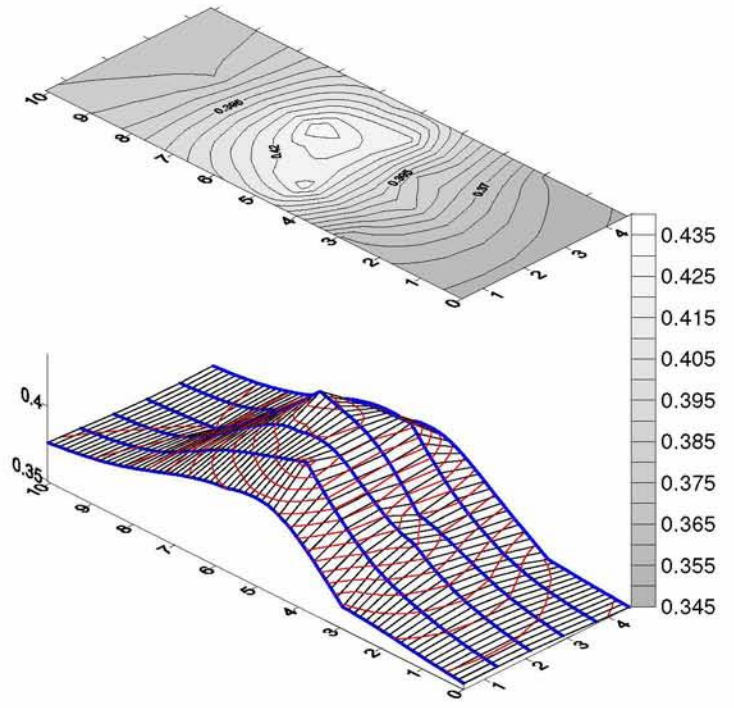


ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΥΠΟΓΕΙΑ 80% ΑΡΔΕΥΣΗ 6^Η ΚΟΠΗ 7/10/2007

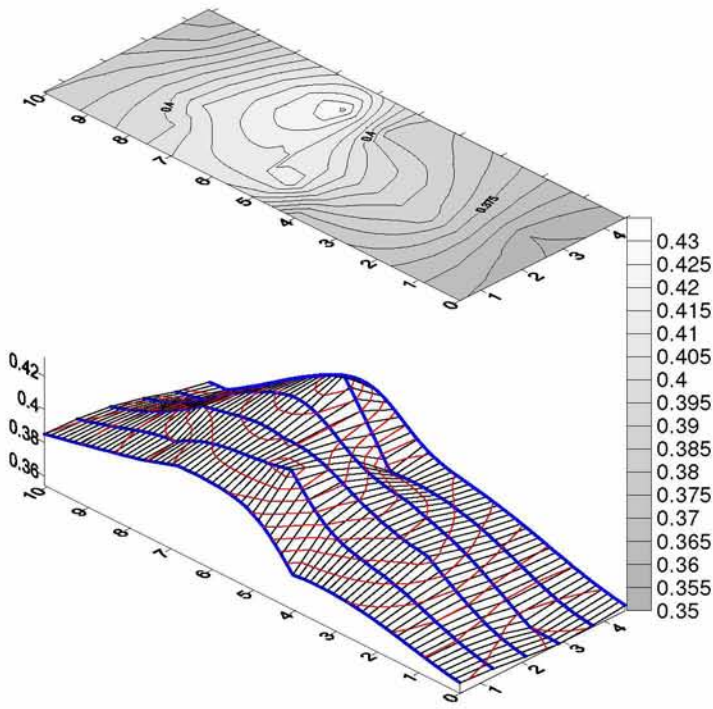
Υ1



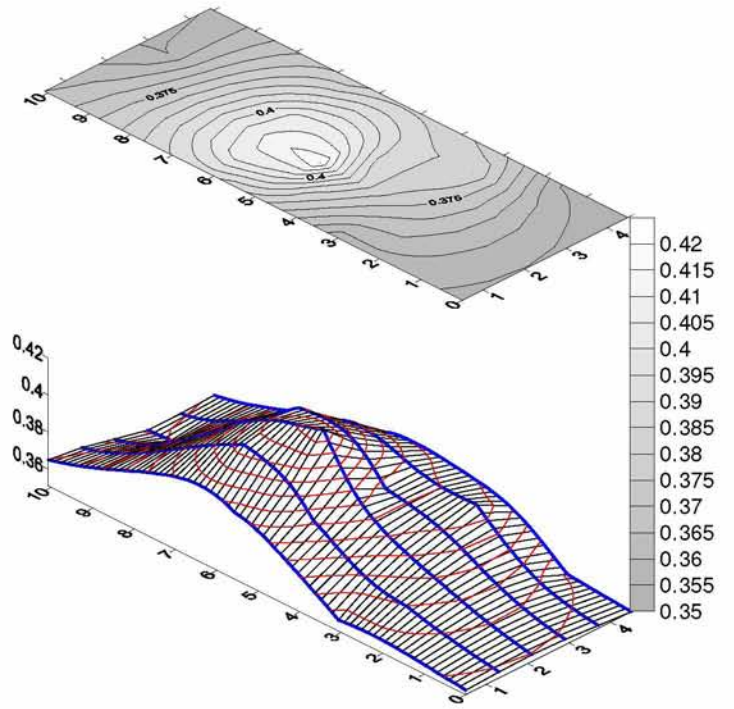
Υ6



Υ12

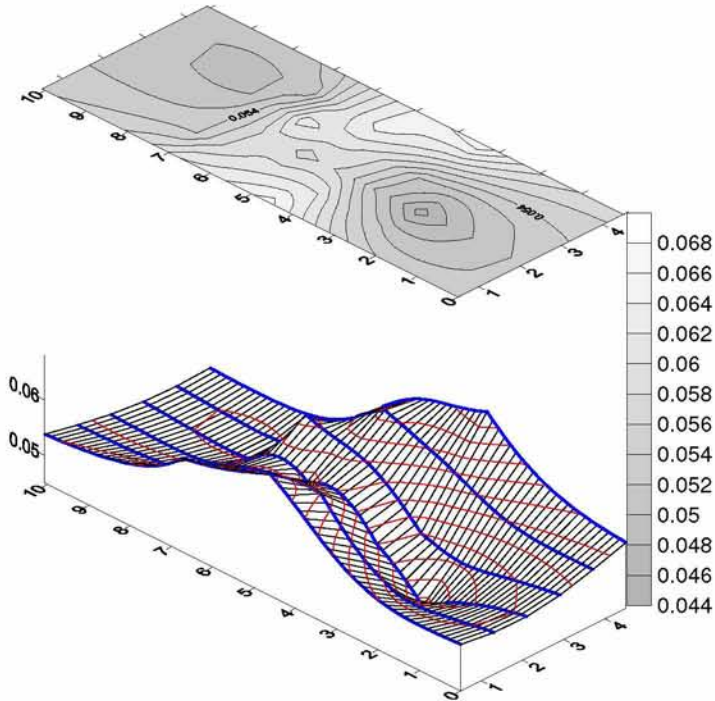


Υ15

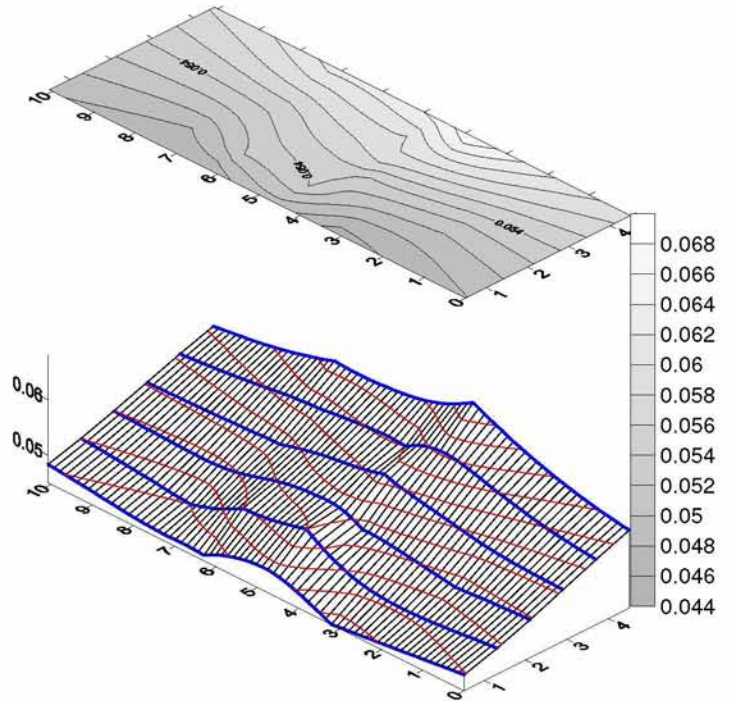


ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗ 6^Η ΚΟΠΗ 7/10/2007

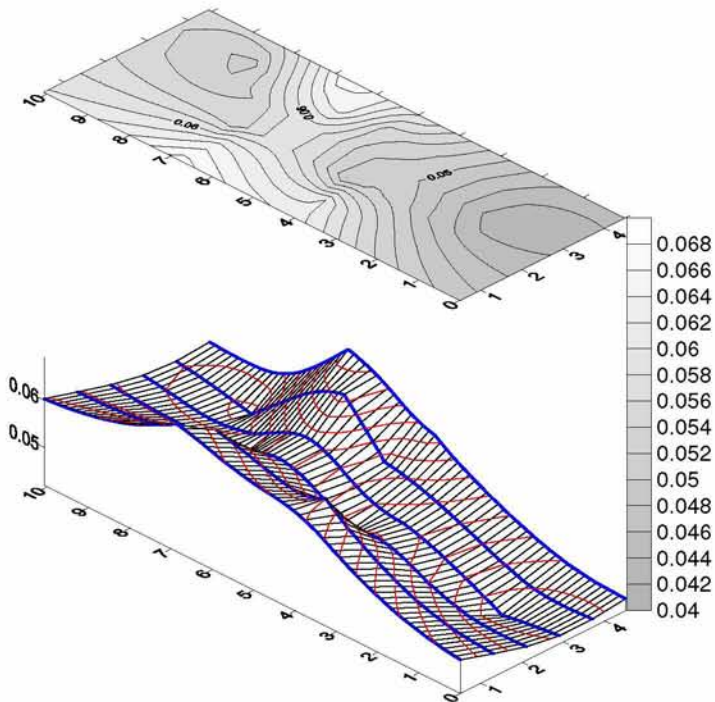
M4



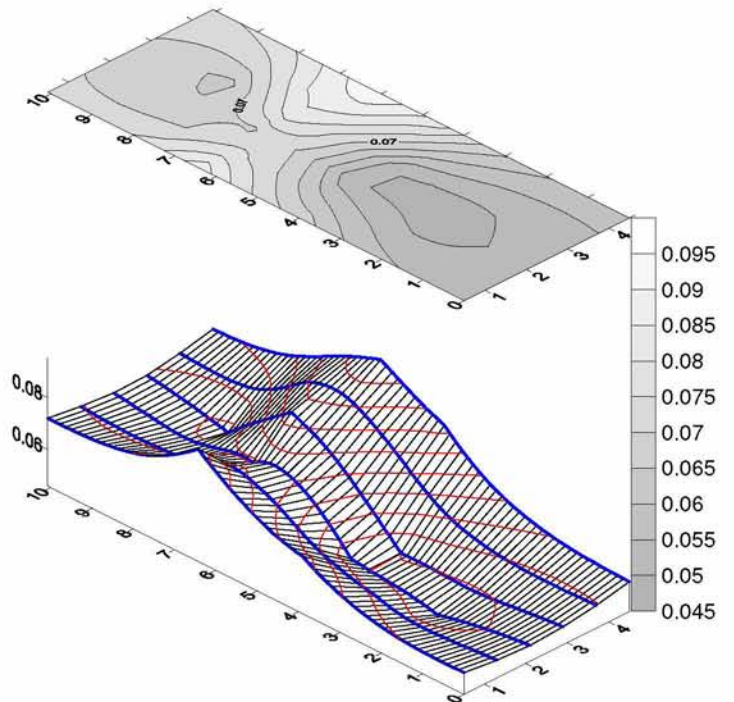
M5



M10



M14



ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ – ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ – ΔΟΣΕΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	Κc ΠΡΩΙΜΟ	Κc ΟΥΙΜΟ	ΕΞΑΤΜΙΣΗ (mm)			ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ (ΕΤmχ0,8) (mm)			ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)		
			2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
129	1,0000	1,0000	3,00	2,00	2,00	2,40	1,60	1,60	0,00	0,00	0,00
130	1,0000	1,0000	4,00	2,00	2,00	3,20	1,60	1,60	0,00	0,00	0,00
131	1,0000	1,0000	3,00	2,00	2,00	2,40	1,60	1,60	0,00	0,00	0,00
132	1,0000	1,0000	2,00	2,00	2,00	1,60	1,60	1,60	11,00	0,00	0,00
133	1,0000	1,0000	3,00	3,00	2,00	2,40	2,40	1,60	0,00	0,50	0,00
134	1,0000	1,0000	3,00	2,00	2,00	2,40	1,60	1,60	0,00	0,00	0,00
135	1,0000	1,0000	3,50	2,00	3,00	2,80	1,60	2,40	0,00	0,00	0,00
136	1,0000	1,0000	3,00	4,00	2,00	2,40	3,20	1,60	10,00	0,00	0,00
137	1,0000	1,0000	3,00	2,00	2,00	2,40	1,60	1,60	0,00	1,50	0,00
138	1,0000	1,0000	4,00	3,00	2,00	3,20	2,40	1,60	0,00	0,00	0,00
139	1,0000	1,0000	3,00	3,00	2,00	2,40	2,40	1,60	0,00	0,00	0,00
140	1,0000	1,0000	3,00	2,00	3,00	2,40	1,60	2,40	0,00	0,00	0,00
141	1,0000	1,0000	3,00	3,00	3,00	2,40	2,40	2,40	0,00	1,00	23,50
142	1,0000	1,0000	2,00	2,00	2,00	1,60	1,60	1,60	7,00	0,00	0,00
143	1,0000	1,0000	3,00	3,00	2,00	2,40	2,40	1,60	0,00	0,00	0,00
144	1,0000	1,0000	3,00	2,00	3,00	2,40	1,60	2,40	0,00	0,00	13,50
145	1,0000	1,0000	4,00	3,00	3,00	3,20	2,40	2,40	5,00	1,00	0,00
146	1,0000	1,0000	3,00	2,00	2,00	2,40	1,60	1,60	0,00	0,00	0,00
147	1,0000	1,0000	3,00	2,00	3,00	2,40	1,60	2,40	0,00	0,00	0,00
148	1,0000	1,0000	3,00	2,00	3,00	2,40	1,60	2,40	5,00	0,00	0,00
149	1,0000	1,0000	3,00	3,00	4,00	2,40	2,40	3,20	0,00	1,50	0,00
150	1,0000	1,0000	4,00	2,00	5,00	3,20	1,60	4,00	0,00	0,00	0,00
151	1,0000	1,0000	3,00	2,00	4,00	2,40	1,60	3,20	0,00	0,00	0,00
152	1,0000	1,0000	3,00	2,00	5,50	2,40	1,60	4,40	3,00	1,00	0,00
153	1,0000	1,0000	5,00	3,00	6,00	4,00	2,40	4,80	0,00	0,00	0,00
154	1,0000	1,0000	5,50	2,00	5,00	4,40	1,60	4,00	0,00	0,00	0,00
155	1,0000	1,0000	4,50	2,00	3,50	3,60	1,60	2,80	0,00	0,00	0,00
156	1,0000	1,0000	5,00	2,00	4,00	4,00	1,60	3,20	0,00	0,00	0,00
157	1,0000	1,0000	6,00	3,00	2,50	4,80	2,40	2,00	0,00	0,00	21,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	Κc ΠΡΩΙΜΟ	Κc ΟΨΙΜΟ	ΕΞΑΤΜΙΣΗ (mm)			ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ (ΕΤmχ0,8) (mm)			ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)		
			2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
158	1,0000	1,0000	6,00	2,00	6,00	4,80	1,60	4,80	0,00	10,00	0,00
159	1,0057	1,0000	6,30	2,00	6,00	5,04	1,60	4,80	0,00	0,00	0,00
160	1,0114	1,0000	6,00	2,00	6,50	4,80	1,60	5,20	3,00	5,50	0,00
161	1,0171	1,0000	6,00	3,00	6,50	4,80	2,40	5,20	0,00	0,00	0,00
162	1,0229	1,0000	7,00	1,00	7,00	5,60	0,80	5,60	0,00	0,00	0,00
163	1,0286	1,0000	7,00	1,00	7,00	5,60	0,80	5,60	0,00	0,00	0,00
164	1,0343	1,0000	8,50	2,00	3,50	6,80	1,60	2,80	0,00	9,00	0,00
165	1,0400	1,0000	3,00	2,00	5,00	2,40	1,60	4,00	0,00	8,50	0,00
166	1,0457	1,0000	9,00	2,00	4,50	7,20	1,60	3,60	0,00	1,00	0,00
167	1,0514	1,0000	6,90	5,00	2,00	5,52	4,00	1,60	0,00	0,00	8,00
168	1,0571	1,0000	5,50	5,00	6,00	4,40	4,00	4,80	0,00	0,00	0,00
169	1,0629	1,0000	5,00	7,00	6,50	4,00	5,60	5,20	0,00	0,00	0,00
170	1,0686	1,0000	6,50	7,00	7,00	5,20	5,60	5,60	0,00	0,00	0,00
171	1,0743	1,0000	8,00	8,00	8,00	6,40	6,40	6,40	0,00	0,50	0,00
172	1,0800	1,0000	5,00	6,00	8,50	4,00	4,80	6,80	0,00	0,00	0,00
173	1,0857	1,0000	5,00	7,00	8,50	4,00	5,60	6,80	0,00	0,00	0,00
174	1,0914	1,0000	6,70	8,00	9,00	5,36	6,40	7,20	0,00	0,00	0,00
175	1,0971	1,0000	6,00	2,00	9,50	4,80	1,60	7,60	0,00	6,50	0,00
176	1,1029	1,0000	6,00	5,00	10,00	4,80	4,00	8,00	0,00	0,00	0,00
177	1,1086	1,0000	6,80	6,00	12,50	5,44	4,80	10,00	0,00	0,00	0,00
178	1,1143	1,0000	6,00	8,00	14,50	4,80	6,40	11,60	0,00	1,00	0,00
179	1,1200	1,0000	7,70	6,00	7,00	6,16	4,80	5,60	0,00	0,00	0,00
180	1,1257	1,0000	5,00	8,00	8,00	4,00	6,40	6,40	0,00	0,00	0,00
181	1,1314	1,0000	7,00	6,00	7,50	5,60	4,80	6,00	0,00	0,00	0,00
182	1,1371	1,0000	6,00	7,00	7,00	4,80	5,60	5,60	0,00	0,00	0,00
183	1,1429	1,0000	5,00	5,00	6,50	4,00	4,00	5,20	0,00	0,00	0,00
184	1,1486	1,0000	4,00	4,00	5,50	3,20	3,20	4,40	21,50	4,00	0,00
185	1,1543	1,0000	6,00	2,00	6,00	4,80	1,60	4,80	0,00	9,00	0,00
186	1,1600	1,0000	4,00	3,00	8,00	3,20	2,40	6,40	0,00	0,00	0,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΑΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	Κc ΠΡΩΪΜ Ο	Κc ΟΨΙΜΟ	ΕΞΑΤΜΙΣΗ (mm)			ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ (ΕΤmχ0,8) (mm)			ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)		
			2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
187	1,1657	1,0000	4,20	7,00	10,00	3,36	5,60	8,00	0,00	0,00	0,00
188	1,1714	1,0000	4,00	6,00	9,50	3,20	4,80	7,60	0,00	0,00	0,00
189	1,1771	1,0000	6,00	8,00	9,50	4,80	6,40	7,60	0,00	0,00	0,00
190	1,1828	1,0057	6,90	9,00	8,00	5,52	7,20	6,40	0,00	0,00	0,00
191	1,1886	1,0114	5,00	6,00	7,00	4,00	4,80	5,60	0,00	0,00	0,00
192	1,1943	1,0171	4,00	4,00	7,50	3,20	3,20	6,00	0,00	0,00	0,00
193	1,2000	1,0229	5,70	7,00	9,00	4,56	5,60	7,20	0,00	0,00	0,00
194	1,2000	1,0286	6,00	6,00	8,50	4,80	4,80	6,80	0,00	0,50	0,00
195	1,2000	1,0343	5,90	5,00	9,00	4,72	4,00	7,20	0,00	0,00	0,00
196	1,2000	1,0400	7,00	5,00	8,50	5,60	4,00	6,80	0,00	0,00	0,00
197	1,2000	1,0457	6,00	8,00	8,50	4,80	6,40	6,80	0,00	0,00	0,00
198	1,2000	1,0514	5,00	6,00	9,00	4,00	4,80	7,20	0,00	0,00	0,00
199	1,2000	1,0571	6,30	9,00	10,00	5,04	7,20	8,00	0,00	0,00	0,00
200	1,2000	1,0629	6,50	3,00	10,00	5,20	2,40	8,00	0,00	2,50	0,00
201	1,2000	1,0686	6,00	6,00	11,00	4,80	4,80	8,80	0,00	0,00	0,00
202	1,2000	1,0743	7,00	7,00	11,50	5,60	5,60	9,20	0,00	0,00	0,00
203	1,2000	1,0800	10,00	7,00	12,50	8,00	5,60	10,00	0,00	0,00	0,00
204	1,2000	1,0857	5,00	6,00	9,00	4,00	4,80	7,20	0,00	0,00	0,00
205	1,2000	1,0914	8,00	8,00	11,00	6,40	6,40	8,80	0,00	0,00	0,00
206	1,2000	1,0971	6,10	7,00	11,50	4,88	5,60	9,20	0,00	0,00	0,00
207	1,2000	1,1029	6,00	5,00	9,50	4,80	4,00	7,60	0,00	0,00	0,00
208	1,2000	1,1086	6,10	6,00	7,00	4,88	4,80	5,60	0,00	0,00	0,00
209	1,2000	1,1143	7,00	7,00	7,00	5,60	5,60	5,60	0,00	0,00	0,00
210	1,2000	1,1200	7,00	8,00	7,00	5,60	6,40	5,60	0,00	0,00	0,00
211	1,2000	1,1257	6,70	7,00	8,00	5,36	5,60	6,40	0,00	0,00	0,00
212	1,2000	1,1314	8,00	6,00	8,00	6,40	4,80	6,40	0,00	0,50	0,00
213	1,2000	1,1371	9,00	6,00	7,00	7,20	4,80	5,60	0,00	0,00	0,00
214	1,2000	1,1429	6,70	7,00	6,00	5,36	5,60	4,80	0,00	0,00	0,00
215	1,2000	1,1486	6,00	7,00	5,00	4,80	5,60	4,00	0,00	0,00	0,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΑΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	Κc ΠΡΩΪΜ Ο	Κc ΟΨΙΜΟ	ΕΞΑΤΜΙΣΗ (mm)			ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ (ΕΤmχ0,8) (mm)			ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)		
			2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
216	1,2000	1,1543	6,00	8,00	4,50	4,80	6,40	3,60	0,00	0,00	0,00
217	1,2000	1,1600	6,90	7,00	4,50	5,52	5,60	3,60	3,00	0,00	5,00
218	1,2000	1,1657	4,00	9,00	4,00	3,20	7,20	3,20	0,00	0,00	0,00
219	1,2000	1,1714	5,00	7,00	5,00	4,00	5,60	4,00	0,00	0,00	0,00
220	1,2000	1,1771	7,00	7,00	6,00	5,60	5,60	4,80	0,00	0,00	0,00
221	1,2000	1,1828	5,40	8,00	7,00	4,32	6,40	5,60	0,00	0,00	0,00
222	1,2000	1,1886	6,00	7,00	8,00	4,80	5,60	6,40	0,00	0,00	0,00
223	1,2000	1,1943	5,00	5,00	8,00	4,00	4,00	6,40	0,00	3,00	0,00
224	1,2000	1,2000	5,50	7,00	8,00	4,40	5,60	6,40	0,00	0,00	0,00
225	1,2000	1,2000	8,00	7,00	6,00	6,40	5,60	4,80	0,00	0,00	0,00
226	1,2000	1,2000	6,00	6,00	7,00	4,80	4,80	5,60	0,00	0,00	0,00
227	1,2000	1,2000	5,10	7,00	7,00	4,08	5,60	5,60	0,00	0,00	0,00
228	1,2000	1,2000	7,00	6,00	8,00	5,60	4,80	6,40	0,00	0,00	0,00
229	1,2000	1,2000	7,10	7,00	7,00	5,68	5,60	5,60	0,00	0,00	0,00
230	1,2000	1,2000	5,00	7,00	6,00	4,00	5,60	4,80	0,00	0,00	0,00
231	1,2000	1,2000	6,00	6,00	6,00	4,80	4,80	4,80	0,00	0,00	0,00
232	1,2000	1,2000	7,00	7,00	7,00	5,60	5,60	5,60	0,00	0,00	0,00
233	1,2000	1,2000	4,40	9,00	8,00	3,52	7,20	6,40	0,00	0,00	0,00
234	1,2000	1,2000	8,00	8,00	8,00	6,40	6,40	6,40	0,00	0,00	0,00
235	1,2000	1,2000	6,70	7,00	9,00	5,36	5,60	7,20	0,00	0,00	0,00
236	1,2000	1,2000	7,00	6,00	8,00	5,60	4,80	6,40	0,00	0,00	0,00
237	1,2000	1,2000	5,50	5,00	8,00	4,40	4,00	6,40	0,00	0,00	0,00
238	1,2000	1,2000	4,70	7,00	8,00	3,76	5,60	6,40	0,00	0,00	0,00
239	1,1950	1,2000	5,50	7,00	7,00	4,40	5,60	5,60	0,00	0,00	0,00
240	1,1900	1,2000	7,00	5,00	6,00	5,60	4,00	4,80	0,00	0,00	0,00
241	1,1850	1,2000	6,20	7,00	6,00	4,96	5,60	4,80	0,00	0,00	0,00
242	1,1800	1,2000	5,50	8,00	6,00	4,40	6,40	4,80	0,00	0,00	0,00
243	1,1750	1,2000	7,00	8,00	6,00	5,60	6,40	4,80	0,00	0,00	0,00
244	1,1700	1,2000	6,70	8,00	5,00	5,36	6,40	4,00	0,00	0,00	0,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	Κc ΠΡΩΙΜΟ	Κc ΟΨΙΜΟ	ΕΞΑΤΜΙΣΗ (mm)			ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ (ΕΤmχ0,8) (mm)			ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)		
			2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
245	1,1650	1,2000	4,50	5,00	5,00	3,60	4,00	4,00	0,00	0,00	0,00
246	1,1600	1,2000	3,00	6,00	4,00	2,40	4,80	3,20	4,50	0,00	0,00
247	1,1550	1,2000	4,00	5,00	5,00	3,20	4,00	4,00	0,00	0,00	0,00
248	1,1500	1,2000	4,50	6,00	5,00	3,60	4,80	4,00	0,00	0,00	0,00
249	1,1450	1,2000	4,00	6,00	8,00	3,20	4,80	6,40	0,00	0,00	0,00
250	1,1400	1,2000	3,00	7,00	3,00	2,40	5,60	2,40	0,00	0,00	0,00
251	1,1350	1,2000	6,00	5,00	3,00	4,80	4,00	2,40	0,00	0,00	0,00
252	1,1300	1,2000	6,60	5,00	3,00	5,28	4,00	2,40	0,00	0,00	0,00
253	1,1250	1,2000	6,00	5,00	4,00	4,80	4,00	3,20	0,00	0,00	0,00
254	1,1200	1,2000	8,50	5,00	4,00	6,80	4,00	3,20	0,00	0,00	0,00
255	1,1150	1,2000	8,70	5,00	5,00	6,96	4,00	4,00	0,00	0,00	0,00
256	1,1100	1,2000	7,00	3,00	5,00	5,60	2,40	4,00	0,00	0,00	0,00
257	1,1050	1,2000	5,00	4,00	5,00	4,00	3,20	4,00	0,00	0,00	0,00
258	1,1000	1,2000	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00	7,00	0,00	0,00
259	1,0950	1,2000	5,00	4,00	5,00	4,00	3,20	4,00	0,00	0,00	0,00
260	1,0900	1,2000	2,50	3,00	4,00	2,00	2,40	3,20	0,00	0,00	0,00
261	1,0850	1,2000	3,50	1,00	5,00	2,80	0,80	4,00	0,00	2,50	0,00
262	1,0800	1,2000	3,00	1,00	5,00	2,40	0,80	4,00	0,00	0,00	0,00
263	1,0750	1,2000	3,00	4,00	2,00	2,40	3,20	1,60	0,00	0,00	0,00
264	1,0700	1,2000	4,00	3,00	3,00	3,20	2,40	2,40	12,50	0,00	0,00
265	1,0650	1,2000	4,00	4,00	2,00	3,20	3,20	1,60	0,00	0,00	0,00
266	1,0600	1,2000	4,30	1,00	2,00	3,44	0,80	1,60	8,00	0,00	0,00
267	1,0550	1,2000	3,30	1,00	1,00	2,64	0,80	0,80	0,00	0,00	0,00
268	1,0500	1,2000	2,00	1,00	2,00	1,60	0,80	1,60	0,00	42,00	0,00
269	1,0500	1,2000	2,00	2,00	2,00	1,60	1,60	1,60	0,00	0,00	0,00
270	1,0500	1,1950	3,00	1,00	1,00	2,40	0,80	0,80	0,00	7,00	0,00
271	1,0500	1,1900	3,00	1,00	1,00	2,40	0,80	0,80	0,00	12,00	0,00
272	1,0500	1,1850	2,00	1,00	1,00	1,60	0,80	0,80	0,00	1,00	0,00
273	1,0500	1,1800	2,00	3,00	2,00	1,60	2,40	1,60	7,00	0,00	0,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΑΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	Κc ΠΡΩΪΜ Ο	Κc ΟΨΙΜΟ	ΕΞΑΤΜΙΣΗ (mm)			ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ (ΕΤmχ0,8) (mm)			ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)		
			2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
274	1,0500	1,1750	1,00	3,00	1,00	0,80	2,40	0,80	0,00	0,00	0,00
275	1,0500	1,1700	2,00	3,00	3,00	1,60	2,40	2,40	0,00	0,00	0,00
276	1,0500	1,1650	1,00	3,00	2,00	0,80	2,40	1,60	20,00	0,00	0,00
277	1,0500	1,1600	1,00	3,00	1,00	0,80	2,40	0,80	0,00	0,00	0,00
278	1,0500	1,1550	2,00	4,00	1,00	1,60	3,20	0,80	0,00	0,00	0,00
279	1,0500	1,1500	1,00	5,00	2,00	0,80	4,00	1,60	0,00	0,00	0,00
280	1,0500	1,1450	1,00	1,00	3,00	0,80	0,80	2,40	0,00	0,00	0,00
281	1,0500	1,1400	1,00	1,00	2,00	0,80	0,80	1,60	0,00	0,00	0,00
282	1,0500	1,1350	1,00	2,00	1,00	0,80	1,60	0,80	0,00	42,00	0,00
283	1,0500	1,1300	2,00	1,00	1,00	1,60	0,80	0,80	0,00	97,00	0,00
284	1,0500	1,1250	2,00	2,00	1,00	1,60	1,60	0,80	18,00	0,00	0,00
285	1,0500	1,1200	1,00	2,00	2,00	0,80	1,60	1,60	0,00	0,00	0,00
286	1,0500	1,1150	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,00	0,00	0,00
287	1,0500	1,1100	1,00	1,00	2,00	0,80	0,80	1,60	0,00	0,00	0,00
288	1,0500	1,1050	1,00	2,00	1,00	0,80	1,60	0,80	0,00	0,00	0,00
289	1,0500	1,1000	1,00	1,00	2,00	0,80	0,80	1,60	0,00	0,00	0,00
290	1,0500	1,0950	2,00	3,00	1,00	1,60	2,40	0,80	0,00	0,00	0,00
291	1,0500	1,0900	1,00	1,00	2,00	0,80	0,80	1,60	0,00	0,00	0,00
292	1,0500	1,0850	1,00	2,00	1,00	0,80	1,60	0,80	0,00	0,00	0,00
293	1,0500	1,0800	2,00	1,00	3,00	1,60	0,80	2,40	0,00	0,00	0,00
294	1,0500	1,0750	1,00	2,00	2,00	0,80	1,60	1,60	0,00	0,00	0,00
295	1,0500	1,0700	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,00	0,00	0,00
296	1,0500	1,0650	1,00	2,00	1,00	0,80	1,60	0,80	0,00	0,00	0,00
297	1,0500	1,0600	1,00	1,00	2,00	0,80	0,80	1,60	0,00	0,00	0,00
298	1,0500	1,0550	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,00	0,00	0,00
299	1,0500	1,0500	1,00	1,00	2,00	0,80	0,80	1,60	0,00	0,00	0,00
300	1,0500	1,0500	1,00	2,00	1,00	0,80	1,60	0,80	0,00	0,00	0,00
301	1,0500	1,0500	2,00	1,00	2,00	1,60	0,80	1,60	0,00	0,00	0,00
302	1,0500	1,0500	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,00	0,00	0,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	Κc ΠΡΩΪΜΟ	Κc ΟΨΙΜΟ	ΕΞΑΤΜΙΣΗ (mm)			ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ (ΕΤmχ0,8) (mm)			ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)		
			2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
303	1,0500	1,0500	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,00	0,00	0,00
304	1,0500	1,0500	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,00	0,00	0,00
305	1,0500	1,0500	2,00	1,00	1,00	1,60	0,80	0,80	0,00	0,00	0,00
306	1,0500	1,0500	1,00	2,00	1,00	0,80	1,60	0,80	0,00	0,00	0,00
307	1,0500	1,0500	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,00	0,00	0,00
308	1,0500	1,0500	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,00	0,00	0,00
309	1,0500	1,0500	1,00	2,00	2,00	0,80	1,60	1,60	0,00	0,00	0,00
310	1,0500	1,0500	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,00	0,00	0,00
182	ΣΥΝΟΛΑ (mm)		744,00	760,00	902,00	595,20	608,00	721,60	145,50	271,50	71,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΕΝΕΡΓΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (x0,8) (mm)			ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΠΡΩΪΜΟ 100% ΕΤm (mm)			ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΠΡΩΪΜΟ 80% ΕΤm (mm)		
	2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
129	0,00	0,00	0,00	12,00	12,00	15,00	12,00	12,00	15,00
130	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
131	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
132	8,80	0,00	0,00	11,00	12,00	12,00	11,00	12,00	12,00
133	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
134	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
135	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
136	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
137	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
138	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
139	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00	0,00	0,00	9,60
140	0,00	0,00	0,00	0,00	15,20	0,00	0,00	12,20	0,00
141	0,00	0,80	18,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
142	5,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
143	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
144	0,00	0,00	10,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
145	4,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
146	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
147	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
148	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
149	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
150	0,00	0,00	0,00	0,00	16,40	0,00	0,00	13,10	0,00
151	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
152	2,40	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
153	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
154	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
155	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	16,00	0,00	6,40	12,80
156	0,00	0,00	0,00	19,80	0,00	0,00	15,80	0,00	0,00
157	0,00	0,00	16,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΕΝΕΡΓΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (x0,8) (mm)			ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΠΡΩΙΜΟ 100% ΕΤm (mm)			ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΠΡΩΙΜΟ 80% ΕΤm (mm)		
	2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
158	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
159	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
160	2,40	4,40	0,00	17,20	0,00	0,00	13,80	0,00	0,00
161	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
162	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
163	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	0,00	0,00	16,00
164	0,00	7,20	0,00	24,00	0,00	0,00	19,20	0,00	0,00
165	0,00	6,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
166	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
167	0,00	0,00	6,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
168	0,00	0,00	0,00	21,50	0,00	0,00	17,20	0,00	0,00
169	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,70	0,00	0,00	13,40
170	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
171	0,00	0,40	0,00	17,80	17,60	0,00	14,20	14,10	0,00
172	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,20	0,00	0,00	16,20
173	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
174	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
175	0,00	5,20	0,00	21,50	14,80	23,60	17,20	11,80	18,90
176	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
177	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,90	0,00	0,00	15,90
178	0,00	0,80	0,00	18,50	16,00	0,00	14,80	12,80	0,00
179	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
180	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,40	0,00	0,00	21,10
181	0,00	0,00	0,00	20,00	18,00	0,00	16,00	14,40	0,00
182	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
183	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,10	0,00	0,00	15,30
184	17,20	3,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
185	0,00	7,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
186	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	14,40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΕΝΕΡΓΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (x0,8) (mm)			ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΠΡΩΙΜΟ 100% ΕΤm (mm)			ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΠΡΩΙΜΟ 80% ΕΤm (mm)		
	2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
187	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
188	0,00	0,00	0,00	15,60	21,00	18,20	12,50	16,80	14,60
189	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
190	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
191	0,00	0,00	0,00	20,00	21,80	23,20	16,00	17,40	18,60
192	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
193	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
194	0,00	0,40	0,00	18,00	15,90	24,00	14,40	12,70	19,20
195	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
196	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
197	0,00	0,00	0,00	21,80	17,30	25,00	17,40	13,80	20,00
198	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
199	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
200	0,00	2,00	0,00	20,50	0,00	27,80	16,40	0,00	22,20
201	0,00	0,00	0,00	0,00	21,00	0,00	0,00	16,80	0,00
202	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,60	0,00	0,00	17,30
203	0,00	0,00	0,00	26,50	0,00	0,00	21,20	0,00	0,00
204	0,00	0,00	0,00	0,00	19,20	0,00	0,00	15,40	0,00
205	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,20	0,00	0,00	25,00
206	0,00	0,00	0,00	22,00	0,00	0,00	17,60	0,00	0,00
207	0,00	0,00	0,00	0,00	19,20	20,20	0,00	15,40	16,20
208	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
209	0,00	0,00	0,00	22,00	0,00	0,00	17,60	0,00	0,00
210	0,00	0,00	0,00	0,00	20,20	20,20	0,00	16,20	16,20
211	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
212	0,00	0,40	0,00	25,00	0,00	0,00	20,00	0,00	0,00
213	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,10	0,00	0,00	17,70
214	0,00	0,00	0,00	0,00	24,60	0,00	0,00	19,70	0,00
215	0,00	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	20,00	0,00	0,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΕΝΕΡΓΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (x0,8) (mm)			ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΠΡΩΪΜΟ 100% ΕΤm (mm)			ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΠΡΩΪΜΟ 80% ΕΤm (mm)		
	2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
216	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
217	2,40	0,00	4,00	0,00	21,10	15,20	0,00	16,90	12,20
218	0,00	0,00	0,00	16,60	0,00	0,00	13,30	0,00	0,00
219	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
220	0,00	0,00	0,00	0,00	22,10	0,00	0,00	17,70	0,00
221	0,00	0,00	0,00	20,00	0,00	21,10	16,00	0,00	16,90
222	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
223	0,00	2,40	0,00	0,00	16,80	0,00	0,00	13,40	0,00
224	0,00	0,00	0,00	19,00	0,00	23,00	15,20	0,00	18,40
225	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
226	0,00	0,00	0,00	0,00	19,20	0,00	0,00	15,40	0,00
227	0,00	0,00	0,00	22,00	0,00	19,20	17,60	0,00	15,40
228	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
229	0,00	0,00	0,00	0,00	19,20	0,00	0,00	15,40	0,00
230	0,00	0,00	0,00	22,00	0,00	20,20	17,60	0,00	16,20
231	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
232	0,00	0,00	0,00	0,00	19,20	0,00	0,00	15,40	0,00
233	0,00	0,00	0,00	20,00	0,00	20,20	16,00	0,00	16,20
234	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
235	0,00	0,00	0,00	0,00	23,00	0,00	0,00	18,40	0,00
236	0,00	0,00	0,00	25,00	0,00	24,00	20,00	0,00	19,20
237	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
238	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
239	0,00	0,00	0,00	18,00	24,00	22,00	14,40	19,20	17,60
240	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
241	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
242	0,00	0,00	0,00	21,00	19,00	17,00	16,80	15,20	13,60
243	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
244	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΕΝΕΡΓΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (x0,8) (mm)			ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΠΡΩΪΜΟ 100% ΕΤm (mm)			ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΠΡΩΪΜΟ 80% ΕΤm (mm)		
	2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
245	0,00	0,00	0,00	20,00	19,70	15,00	16,00	15,80	12,00
246	3,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
247	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
248	0,00	0,00	0,00	0,00	15,70	0,00	0,00	12,60	0,00
249	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,20	0,00	0,00	16,20
250	0,00	0,00	0,00	15,40	0,00	0,00	12,30	0,00	0,00
251	0,00	0,00	0,00	0,00	16,40	0,00	0,00	13,10	0,00
252	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
253	0,00	0,00	0,00	19,00	0,00	0,00	15,20	0,00	0,00
254	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
255	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,80	0,00	0,00	15,80
256	0,00	0,00	0,00	26,00	20,60	0,00	20,80	16,50	0,00
257	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
258	5,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
259	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
260	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,10	0,00	0,00	16,90
261	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
262	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
263	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
264	10,00	0,00	0,00	0,00	19,80	0,00	0,00	15,80	0,00
265	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
266	6,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
267	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,20	0,00	0,00	13,80
268	0,00	33,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
269	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
270	0,00	5,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
271	0,00	9,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
272	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
273	5,60	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	14,40	0,00	0,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΕΝΕΡΓΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (x0,8) (mm)			ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΠΡΩΪΜΟ 100% ΕΤm (mm)			ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΠΡΩΪΜΟ 80% ΕΤm (mm)		
	2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
274	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
275	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
276	16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
277	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
278	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
279	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
280	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
281	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
282	0,00	33,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
283	0,00	77,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
284	14,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
285	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
286	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
287	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
288	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
289	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
290	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
291	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
292	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
293	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
294	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
295	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
296	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
297	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
298	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
299	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
300	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
301	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
302	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΕΝΕΡΓΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (x0,8) (mm)			ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΠΡΩΪΜΟ 100% ΕΤm (mm)			ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΠΡΩΪΜΟ 80% ΕΤm (mm)		
	2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
303	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
304	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
305	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
306	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
307	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
308	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
309	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
310	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ΣΥΝΟΛΑ	116,40	217,20	56,80	681,70	586,00	727,60	549,90	473,80	588,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΟΨΙΜΟ 100% ΕΤm (mm)		ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΟΨΙΜΟ 80% ΕΤm (mm)	
	2006	2007	2006	2007
129	0,00	0,00	0,00	0,00
130	0,00	0,00	0,00	0,00
131	0,00	0,00	0,00	0,00
132	0,00	0,00	0,00	0,00
133	0,00	0,00	0,00	0,00
134	0,00	0,00	0,00	0,00
135	0,00	0,00	0,00	0,00
136	0,00	0,00	0,00	0,00
137	0,00	0,00	0,00	0,00
138	0,00	0,00	0,00	0,00
139	0,00	0,00	0,00	0,00
140	0,00	0,00	0,00	0,00
141	0,00	0,00	0,00	0,00
142	0,00	0,00	0,00	0,00
143	0,00	0,00	0,00	0,00
144	0,00	0,00	0,00	0,00
145	0,00	0,00	0,00	0,00
146	0,00	0,00	0,00	0,00
147	0,00	0,00	0,00	0,00
148	0,00	0,00	0,00	0,00
149	0,00	0,00	0,00	0,00
150	0,00	0,00	0,00	0,00
151	0,00	0,00	0,00	0,00
152	0,00	0,00	0,00	0,00
153	0,00	0,00	0,00	0,00
154	0,00	0,00	0,00	0,00
155	0,00	0,00	0,00	0,00
156	0,00	0,00	0,00	0,00
157	0,00	0,00	0,00	0,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΟΨΙΜΟ 100% ΕΤm (mm)		ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΟΨΙΜΟ 80% ΕΤm (mm)	
	2006	2007	2006	2007
158	0,00	0,00	0,00	0,00
159	0,00	0,00	0,00	0,00
160	10,00	10,00	10,00	10,00
161	0,00	0,00	0,00	0,00
162	0,00	0,00	0,00	0,00
163	10,00	10,00	10,00	10,00
164	0,00	0,00	0,00	0,00
165	0,00	0,00	0,00	0,00
166	0,00	0,00	0,00	0,00
167	0,00	0,00	0,00	0,00
168	0,00	0,00	0,00	0,00
169	0,00	14,00	0,00	11,20
170	0,00	0,00	0,00	0,00
171	0,00	0,00	0,00	0,00
172	16,20	18,80	13,00	15,00
173	0,00	0,00	0,00	0,00
174	0,00	0,00	0,00	0,00
175	0,00	21,60	0,00	17,30
176	0,00	0,00	0,00	0,00
177	15,90	0,00	12,70	0,00
178	0,00	29,60	0,00	23,70
179	0,00	0,00	0,00	0,00
180	16,60	0,00	13,30	0,00
181	0,00	18,00	0,00	14,40
182	0,00	0,00	0,00	0,00
183	14,40	0,00	11,50	0,00
184	0,00	0,00	0,00	0,00
185	0,00	20,00	0,00	16,00
186	0,00	0,00	0,00	0,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΟΨΙΜΟ 100% ΕΤm (mm)		ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΟΨΙΜΟ 80% ΕΤm (mm)	
	2006	2007	2006	2007
187	0,00	0,00	0,00	0,00
188	0,00	22,00	0,00	17,60
189	0,00	0,00	0,00	0,00
190	0,00	0,00	0,00	0,00
191	23,10	0,00	18,50	0,00
192	0,00	25,80	0,00	20,60
193	0,00	0,00	0,00	0,00
194	13,40	0,00	10,70	0,00
195	0,00	21,80	0,00	17,40
196	0,00	0,00	0,00	0,00
197	15,00	0,00	12,00	0,00
198	0,00	21,80	0,00	17,40
199	0,00	0,00	0,00	0,00
200	12,70	0,00	10,20	0,00
201	0,00	26,40	0,00	21,10
202	0,00	0,00	0,00	0,00
203	0,00	0,00	0,00	0,00
204	22,40	28,50	17,90	22,80
205	0,00	0,00	0,00	0,00
206	0,00	0,00	0,00	0,00
207	17,50	28,00	14,00	22,40
208	0,00	0,00	0,00	0,00
209	0,00	0,00	0,00	0,00
210	0,00	18,70	0,00	15,00
211	25,00	0,00	20,00	0,00
212	0,00	0,00	0,00	0,00
213	0,00	20,80	0,00	16,60
214	16,80	0,00	13,40	0,00
215	0,00	0,00	0,00	0,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΟΨΙΜΟ 100% ΕΤm (mm)		ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΟΨΙΜΟ 80% ΕΤm (mm)	
	2006	2007	2006	2007
216	0,00	0,00	0,00	0,00
217	20,30	13,40	16,20	10,70
218	0,00	0,00	0,00	0,00
219	0,00	0,00	0,00	0,00
220	21,50	0,00	17,20	0,00
221	0,00	20,70	0,00	16,60
222	0,00	0,00	0,00	0,00
223	0,00	0,00	0,00	0,00
224	22,70	22,90	18,20	18,30
225	0,00	0,00	0,00	0,00
226	0,00	0,00	0,00	0,00
227	0,00	19,20	0,00	15,40
228	25,00	0,00	20,00	0,00
229	0,00	0,00	0,00	0,00
230	0,00	20,20	0,00	16,20
231	0,00	0,00	0,00	0,00
232	26,00	0,00	20,80	0,00
233	0,00	20,20	0,00	16,20
234	0,00	0,00	0,00	0,00
235	23,00	0,00	18,40	0,00
236	0,00	24,00	0,00	19,20
237	0,00	0,00	0,00	0,00
238	0,00	0,00	0,00	0,00
239	24,00	22,10	19,20	17,70
240	0,00	0,00	0,00	0,00
241	0,00	0,00	0,00	0,00
242	19,20	17,30	15,40	13,80
243	0,00	0,00	0,00	0,00
244	0,00	0,00	0,00	0,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΟΨΙΜΟ 100% ΕΤm (mm)		ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΟΨΙΜΟ 80% ΕΤm (mm)	
	2006	2007	2006	2007
245	0,00	0,00	0,00	0,00
246	25,90	19,20	20,70	15,40
247	0,00	0,00	0,00	0,00
248	0,00	0,00	0,00	0,00
249	0,00	0,00	0,00	0,00
250	23,00	20,20	18,40	16,20
251	0,00	0,00	0,00	0,00
252	0,00	0,00	0,00	0,00
253	0,00	0,00	0,00	0,00
254	19,20	0,00	15,40	0,00
255	0,00	0,00	0,00	0,00
256	0,00	23,00	0,00	18,40
257	0,00	0,00	0,00	0,00
258	0,00	0,00	0,00	0,00
259	20,20	0,00	16,20	0,00
260	0,00	0,00	0,00	0,00
261	0,00	23,00	0,00	18,40
262	0,00	0,00	0,00	0,00
263	0,00	0,00	0,00	0,00
264	0,00	0,00	0,00	0,00
265	0,00	0,00	0,00	0,00
266	13,80	0,00	11,00	0,00
267	0,00	14,40	0,00	11,50
268	0,00	0,00	0,00	0,00
269	0,00	0,00	0,00	0,00
270	0,00	0,00	0,00	0,00
271	0,00	0,00	0,00	0,00
272	0,00	0,00	0,00	0,00
273	0,00	0,00	0,00	0,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΟΨΙΜΟ 100% ETm (mm)		ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΟΨΙΜΟ 80% ETm (mm)	
	2006	2007	2006	2007
274	0,00	0,00	0,00	0,00
275	0,00	0,00	0,00	0,00
276	0,00	14,20	0,00	11,40
277	0,00	0,00	0,00	0,00
278	0,00	0,00	0,00	0,00
279	0,00	0,00	0,00	0,00
280	0,00	0,00	0,00	0,00
281	0,00	0,00	0,00	0,00
282	0,00	0,00	0,00	0,00
283	0,00	0,00	0,00	0,00
284	0,00	11,00	0,00	8,80
285	0,00	0,00	0,00	0,00
286	0,00	0,00	0,00	0,00
287	0,00	0,00	0,00	0,00
288	0,00	0,00	0,00	0,00
289	0,00	0,00	0,00	0,00
290	0,00	0,00	0,00	0,00
291	0,00	0,00	0,00	0,00
292	0,00	0,00	0,00	0,00
293	0,00	13,20	0,00	10,60
294	0,00	0,00	0,00	0,00
295	0,00	0,00	0,00	0,00
296	0,00	0,00	0,00	0,00
297	0,00	0,00	0,00	0,00
298	0,00	0,00	0,00	0,00
299	0,00	0,00	0,00	0,00
300	0,00	0,00	0,00	0,00
301	0,00	0,00	0,00	0,00
302	0,00	0,00	0,00	0,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΟΨΙΜΟ 100% ΕΤm (mm)		ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ ΟΨΙΜΟ 80% ΕΤm (mm)	
	2006	2007	2006	2007
303	0,00	0,00	0,00	0,00
304	0,00	0,00	0,00	0,00
305	0,00	0,00	0,00	0,00
306	0,00	0,00	0,00	0,00
307	0,00	0,00	0,00	0,00
308	0,00	0,00	0,00	0,00
309	0,00	0,00	0,00	0,00
310	0,00	0,00	0,00	0,00
ΣΥΝΟΛΑ	512,80	674,00	414,30	543,30

ΥΓΡΑΣΙΕΣ ΕΛΑΦΟΥΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΑΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΣΤΑΓΔΗΝ 100% ΕΤm 2005				
		0-15	15-30	30-45	45-60	60-75
	2005					
	08/05/05	22,30	29,80	26,40	28,30	33,20
129	09/05/05	4,20	2,50	-1,70	-1,60	-0,20
130	10/05/05	26,50	32,30	24,70	26,70	33,00
131	11/05/05	24,60	29,70	26,00	28,40	33,40
132	12/05/05	4,90	3,30	0,20	-1,80	-0,60
133	13/05/05	29,50	33,00	26,20	26,60	32,80
134	14/05/05					
135	15/05/05					
136	16/05/05					
137	17/05/05					
138	18/05/05					
139	19/05/05					
140	20/05/05					
141	21/05/05					
142	22/05/05					
143	23/05/05					
144	24/05/05					
145	25/05/05					
146	26/05/05					
147	27/05/05					
148	28/05/05					
149	29/05/05					
150	30/05/05					
151	31/05/05					
152	01/06/05					
153	02/06/05					
154	03/06/05					
155	04/06/05	23,30	25,20	18,70	22,70	28,70
156	05/06/05	1,30	0,60	0,30	-0,20	-0,20
157	06/06/05	24,60	25,80	19,00	22,50	28,50
158	07/06/05					
159	08/06/05	23,60	26,30	21,50	24,20	29,40
160	09/06/05	0,80	0,70	-0,30	-0,60	0,60
161	10/06/05	24,40	27,00	21,20	23,60	30,00
162	11/06/05					
163	12/06/05	24,40	25,80	22,70	24,50	29,80
164	13/06/05	0,80	0,60	0,00	0,90	-1,00
165	14/06/05	25,20	26,40	22,70	25,40	28,80
166	15/06/05					
167	16/06/05	25,80	26,30	23,20	26,00	29,80
168	17/06/05	1,20	1,20	-1,40	-0,60	0,40
169	18/06/05	27,00	27,50	21,80	25,40	30,20
170	19/06/05	28,20	26,90	22,20	25,90	30,80
171	20/06/05	0,60	0,70	0,20	-0,40	0,60
172	21/06/05	28,80	27,60	22,40	25,50	31,40
173	22/06/05					
174	23/06/05	27,60	26,80	23,60	27,00	30,50
175	24/06/05	0,80	0,50	-0,20	0,60	0,70
176	25/06/05	28,40	27,30	23,40	27,60	31,20
177	26/06/05	27,70	26,50	24,40	27,30	31,00
178	27/06/05	1,10	0,50	0,80	0,50	0,60
179	28/06/05	28,80	27,00	25,20	27,80	31,60
180	29/06/05	28,00	26,40	26,00	28,30	31,20
181	30/06/05	1,50	0,80	-0,70	-0,50	-1,40
182	01/07/05	29,50	27,20	25,30	27,80	29,80
183	02/07/05					

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

184	03/07/05					
185	04/07/05					
186	05/07/05					
187	06/07/05	27,40	26,30	27,80	30,00	32,40
188	07/07/05	0,90	0,50	0,00	-0,60	-0,90
189	08/07/05	28,30	26,80	27,80	29,40	31,50
190	09/07/05	27,70	26,20	27,50	30,00	32,20
191	10/07/05	0,90	0,80	-0,30	-0,50	-0,50
192	11/07/05	28,60	27,00	27,20	29,50	31,70
193	12/07/05	27,50	25,80	27,80	29,80	32,30
194	13/07/05	0,80	0,60	-1,00	-0,30	-0,70
195	14/07/05	28,30	26,40	26,80	29,50	31,60
196	15/07/05	26,50	25,20	27,40	30,60	30,60
197	16/07/05	0,90	0,80	-0,90	-0,90	-0,70
198	17/07/05	27,40	26,00	26,50	29,70	29,90
199	18/07/05	26,50	25,20	27,20	30,50	30,60
200	19/07/05	1,10	0,70	-0,70	-0,90	-1,80
201	20/07/05	27,60	25,90	26,50	29,60	28,80
202	21/07/05	26,80	24,60	27,30	30,40	29,00
203	22/07/05	1,00	0,90	-0,10	-0,70	0,60
204	23/07/05	27,80	25,50	27,20	29,70	29,60
205	24/07/05	26,60	23,70	27,90	30,20	31,00
206	25/07/05	0,90	0,70	-1,60	0,20	-0,80
207	26/07/05	27,50	24,40	26,30	30,40	30,20
208	27/07/05	26,80	24,00	27,80	31,00	31,40
209	28/07/05	1,00	1,20	-0,70	-1,20	-0,80
210	29/07/05	27,80	25,20	27,10	29,80	30,60
211	30/07/05	27,00	24,70	27,30	29,40	30,00
212	31/07/05	1,70	0,60	-1,10	-0,30	-0,70
213	01/08/05	28,70	25,30	26,20	29,10	29,30
214	02/08/05	27,90	24,20	26,70	29,80	29,80
215	03/08/05	0,70	1,30	-0,70	0,40	-0,10
216	04/08/05	28,60	25,50	26,00	30,20	29,70
217	05/08/05	27,40	24,80	26,50	29,60	31,20
218	06/08/05	0,90	0,90	-0,80	-0,80	-0,60
219	07/08/05	28,30	25,70	25,70	28,80	30,60
220	08/08/05	27,10	24,40	26,20	29,00	30,50
221	09/08/05	0,70	0,80	-0,80	-0,80	-0,70
222	10/08/05	27,80	25,20	25,40	28,20	29,80
223	11/08/05	26,80	24,00	26,30	28,60	30,60
224	12/08/05	0,60	0,80	-0,60	0,40	-0,90
225	13/08/05	27,40	24,80	25,70	29,00	29,70
226	14/08/05	25,80	23,50	26,20	28,50	30,20
227	15/08/05	0,70	1,70	-0,60	0,30	-0,60
228	16/08/05	26,50	25,20	25,60	28,80	29,60
229	17/08/05	25,20	25,90	24,70	28,70	29,20
230	18/08/05	0,80	0,60	-0,90	-0,90	-0,60
231	19/08/05	26,00	26,50	23,80	27,80	28,60
232	20/08/05	25,20	25,70	24,20	27,10	27,80
233	21/08/05	1,10	1,10	-0,60	-0,70	-0,80
234	22/08/05	26,30	26,80	23,60	26,40	27,00
235	23/08/05	25,40	26,00	24,00	26,00	27,40
236	24/08/05	1,00	0,80	-0,70	-0,60	-0,90
237	25/08/05	26,40	26,80	23,30	25,40	26,50
238	26/08/05	25,70	26,00	23,80	26,00	26,30
239	27/08/05	1,30	1,10	-0,60	0,50	0,70
240	28/08/05	27,00	27,10	23,20	26,50	27,00
241	29/08/05	26,00	26,50	25,00	26,80	27,40
242	30/08/05	0,70	1,20	-0,80	0,20	0,40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

243	31/08/05	26,70	27,70	24,20	27,00	27,80
244	01/09/05	25,80	27,30	25,00	28,10	28,80
245	02/09/05	0,90	0,70	-0,50	0,20	-0,50
246	03/09/05	26,70	28,00	24,50	28,30	28,30
247	04/09/05					
248	05/09/05					
249	06/09/05	25,30	26,70	24,00	28,80	29,00
250	07/09/05	0,70	0,70	-0,50	0,20	-0,60
251	08/09/05	26,00	27,40	23,50	29,00	28,40
252	09/09/05	25,30	26,80	24,80	29,20	28,90
253	10/09/05	0,60	0,50	-0,70	0,60	0,50
254	11/09/05	25,90	27,30	24,10	29,80	29,40
255	12/09/05	25,20	26,20	24,80	30,30	30,50
256	13/09/05	1,00	1,10	-0,90	0,70	-0,30
257	14/09/05	26,20	27,30	23,90	31,00	30,20
258	15/09/05					
259	16/09/05					
260	17/09/05					
261	18/09/05					
262	19/09/05					
263	20/09/05					
264	21/09/05					
265	22/09/05					
	ΑΡΧΙΚΗ	22,30	29,80	26,40	28,30	33,20
	ΤΕΛΙΚΗ	26,20	27,30	23,90	31,00	30,20
	ΔΙΑΦΟΡΑ	3,90	-2,50	-2,50	2,70	-3,00
				-1,40		
266	23/09/05					
267	24/09/05					
268	25/09/05					
269	26/09/05					
270	27/09/05					
271	28/09/05					
272	29/09/05	24,70	26,40	22,80	29,70	30,00
273	30/09/05	0,80	0,80	-0,60	0,40	0,40
274	01/10/05	25,50	27,20	22,20	30,10	30,40
275	02/10/05					
276	03/10/05					
277	04/10/05					
278	05/10/05					
279	06/10/05					
280	07/10/05					
281	08/10/05					
282	09/10/05					
283	10/10/05					
284	11/10/05					
285	12/10/05					
286	13/10/05					
287	14/10/05					
288	15/10/05					
289	16/10/05					
290	17/10/05					
	ΑΡΧΙΚΗ	22,30	29,80	26,40	28,30	33,20
	ΤΕΛΙΚΗ	25,50	27,20	22,20	30,10	30,40
	ΔΙΑΦΟΡΑ	3,20	-2,60	-4,20	1,80	-2,80
	ΣΥΝΟΛΙΚΑ			-4,60		

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΑΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΥΠΟΓΕΙΑ ΣΤΑΓΔΗΝ 80% ΕΤm 2005				
		0-15	15-30	30-45	45-60	60-75
	2005					
	08/05/05	21,70	25,20	25,20	27,60	30,20
129	09/05/05	3,30	2,50	-1,40	-1,10	-0,60
130	10/05/05	25,00	27,70	23,80	26,50	29,60
131	11/05/05	24,60	27,50	24,70	28,20	30,80
132	12/05/05	-0,40	0,30	2,00	0,40	-1,00
133	13/05/05	24,20	27,80	26,70	28,60	29,80
134	14/05/05					
135	15/05/05					
136	16/05/05					
137	17/05/05					
138	18/05/05					
139	19/05/05					
140	20/05/05					
141	21/05/05					
142	22/05/05					
143	23/05/05					
144	24/05/05					
145	25/05/05					
146	26/05/05					
147	27/05/05					
148	28/05/05					
149	29/05/05					
150	30/05/05					
151	31/05/05					
152	01/06/05					
153	02/06/05					
154	03/06/05					
155	04/06/05	22,30	25,80	23,70	25,50	26,40
156	05/06/05	-0,60	-0,60	1,70	0,70	-0,70
157	06/06/05	21,70	25,20	25,40	26,20	25,70
158	07/06/05					
159	08/06/05	22,60	26,30	23,90	26,00	27,30
160	09/06/05	-0,80	-0,70	0,80	0,50	-0,30
161	10/06/05	21,80	25,60	24,70	26,50	27,00
162	11/06/05					
163	12/06/05	22,40	26,20	23,60	26,50	27,80
164	13/06/05	-0,90	0,40	1,40	0,70	0,00
165	14/06/05	21,50	26,60	25,00	27,20	27,80
166	15/06/05					
167	16/06/05	22,80	27,30	24,10	26,40	28,30
168	17/06/05	-0,80	-0,50	1,40	0,50	-0,60
169	18/06/05	22,00	26,80	25,50	26,90	27,70
170	19/06/05	22,40	27,50	25,00	26,40	28,40
171	20/06/05	-0,60	-0,30	1,30	0,40	-0,80
172	21/06/05	21,80	27,20	26,30	26,80	27,60
173	22/06/05					
174	23/06/05	22,20	27,80	25,80	27,00	28,40
175	24/06/05	-0,70	-0,60	0,80	0,30	-0,40
176	25/06/05	21,50	27,20	26,60	27,30	28,00
177	26/06/05	21,90	27,80	26,00	27,90	27,50
178	27/06/05	-0,60	0,30	1,20	0,50	0,60
179	28/06/05	21,30	28,10	27,20	28,40	28,10
180	29/06/05	22,00	27,70	26,40	28,00	28,40
181	30/06/05	-0,70	0,30	0,80	0,40	-0,20
182	01/07/05	21,30	28,00	27,20	28,40	28,20
183	02/07/05					

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

184	03/07/05					
185	04/07/05					
186	05/07/05					
187	06/07/05	22,60	27,30	26,40	27,70	29,00
188	07/07/05	-0,90	-0,30	0,80	0,20	-0,60
189	08/07/05	21,70	27,00	27,20	27,90	28,40
190	09/07/05	22,50	27,60	26,20	27,00	28,00
191	10/07/05	-0,70	0,20	1,80	0,40	0,30
192	11/07/05	21,80	27,80	28,00	27,40	28,30
193	12/07/05	22,40	27,30	27,20	28,30	28,50
194	13/07/05	-0,40	-0,50	0,70	0,30	-0,10
195	14/07/05	22,00	26,80	27,90	28,60	28,40
196	15/07/05	22,60	27,30	27,20	29,00	27,90
197	16/07/05	-0,40	0,10	0,80	-0,40	0,40
198	17/07/05	22,20	27,40	28,00	28,60	28,30
199	18/07/05	22,70	27,50	27,20	28,40	28,00
200	19/07/05	-0,40	0,10	1,20	0,30	0,40
201	20/07/05	22,30	27,60	28,40	28,70	28,40
202	21/07/05	22,80	26,50	27,70	28,40	28,30
203	22/07/05	-0,70	0,30	0,80	0,50	0,90
204	23/07/05	22,10	26,80	28,50	28,90	29,20
205	24/07/05	22,80	26,70	27,60	28,20	28,60
206	25/07/05	-0,30	-0,30	1,20	0,40	-0,10
207	26/07/05	22,50	26,40	28,80	28,60	28,50
208	27/07/05	23,20	25,80	28,20	27,70	28,30
209	28/07/05	-0,50	0,20	0,60	0,20	0,60
210	29/07/05	22,70	26,00	28,80	27,90	28,90
211	30/07/05	23,00	25,50	28,00	27,50	28,50
212	31/07/05	-0,50	0,70	1,00	0,70	0,50
213	01/08/05	22,50	26,20	29,00	28,20	29,00
214	02/08/05	23,40	25,90	27,80	27,60	29,40
215	03/08/05	-0,60	0,50	0,90	0,30	0,20
216	04/08/05	22,80	26,40	28,70	27,90	29,60
217	05/08/05	22,40	25,50	27,40	27,20	29,30
218	06/08/05	-0,80	0,10	0,60	-0,40	-0,70
219	07/08/05	21,60	25,60	28,00	26,80	28,60
220	08/08/05	22,00	25,00	27,10	26,20	29,10
221	09/08/05	-0,60	0,20	0,60	0,50	-0,30
222	10/08/05	21,40	25,20	27,70	26,70	28,80
223	11/08/05	22,10	24,70	26,60	26,00	29,20
224	12/08/05	-0,60	0,30	0,80	0,50	-0,50
225	13/08/05	21,50	25,00	27,40	26,50	28,70
226	14/08/05	21,90	24,80	27,00	26,60	28,60
227	15/08/05	0,10	0,40	0,80	0,20	0,70
228	16/08/05	22,00	25,20	27,80	26,80	29,30
229	17/08/05	22,40	25,40	27,10	26,40	28,50
230	18/08/05	-0,70	-0,20	0,60	0,40	0,70
231	19/08/05	21,70	25,20	27,70	26,80	29,20
232	20/08/05	22,20	26,10	27,00	26,30	28,40
233	21/08/05	-0,50	0,20	0,60	0,40	0,40
234	22/08/05	21,70	26,30	27,60	26,70	28,80
235	23/08/05	22,40	25,70	26,90	26,20	29,20
236	24/08/05	-0,60	0,70	0,70	0,30	-0,80
237	25/08/05	21,80	26,40	27,60	26,50	28,40
238	26/08/05	22,40	25,80	26,40	25,80	29,30
239	27/08/05	-0,90	0,90	1,60	0,40	-0,60
240	28/08/05	21,50	26,70	28,00	26,20	28,70
241	29/08/05	22,40	25,70	27,40	25,60	28,80
242	30/08/05	-0,60	0,50	0,90	0,40	0,20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

243	31/08/05	21,80	26,20	28,30	26,00	29,00
244	01/09/05	22,20	25,70	27,20	25,50	28,40
245	02/09/05	-0,70	0,40	0,60	0,40	0,40
246	03/09/05	21,50	26,10	27,80	25,90	28,80
247	04/09/05					
248	05/09/05					
249	06/09/05	20,70	24,70	25,40	24,80	28,20
250	07/09/05	-0,30	0,20	0,80	0,50	-0,40
251	08/09/05	20,40	24,90	26,20	25,30	27,80
252	09/09/05	20,80	24,40	25,60	24,80	28,00
253	10/09/05	-0,60	0,50	0,70	0,40	0,20
254	11/09/05	20,20	24,90	26,30	25,20	28,20
255	12/09/05	20,80	24,20	25,50	24,70	28,50
256	13/09/05	-0,50	0,40	0,70	0,40	0,00
257	14/09/05	20,30	24,60	26,20	25,10	28,50
258	15/09/05					
259	16/09/05					
260	17/09/05					
261	18/09/05					
262	19/09/05					
263	20/09/05					
264	21/09/05					
265	22/09/05					
	ΑΡΧΙΚΗ	21,70	25,20	25,20	27,60	30,20
	ΤΕΛΙΚΗ	20,30	24,60	26,20	25,10	28,50
	ΔΙΑΦΟΡΑ	-1,40	-0,60	1,00	-2,50	-1,70
				-5,20		
266	23/09/05					
267	24/09/05					
268	25/09/05					
269	26/09/05					
270	27/09/05					
271	28/09/05					
272	29/09/05	19,30	23,80	25,70	24,70	28,70
273	30/09/05	0,50	0,70	0,50	0,70	-0,30
274	01/10/05	19,80	24,50	26,20	25,40	28,40
275	02/10/05					
276	03/10/05					
277	04/10/05					
278	05/10/05					
279	06/10/05					
280	07/10/05					
281	08/10/05					
282	09/10/05					
283	10/10/05					
284	11/10/05					
285	12/10/05					
286	13/10/05					
287	14/10/05					
288	15/10/05					
289	16/10/05					
290	17/10/05					
	ΑΡΧΙΚΗ	21,70	25,20	25,20	27,60	30,20
	ΤΕΛΙΚΗ	19,80	24,50	26,20	25,40	28,40
	ΔΙΑΦΟΡΑ	-1,90	-0,70	1,00	-2,20	-1,80
	ΣΥΝΟΛΙΚΑ			-5,60		

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΣΤΑΓΔΗΝ 80% ΕΤm 2005				
		0-15	15-30	30-45	45-60	60-75
	2005					
	08/05/05	22,30	29,80	26,40	28,30	33,20
129	09/05/05	2,20	1,80	-1,70	-1,60	-0,20
130	10/05/05	24,50	31,60	24,70	26,70	33,00
131	11/05/05	25,60	29,60	25,30	27,40	32,60
132	12/05/05	2,70	2,60	0,20	-1,40	-0,30
133	13/05/05	28,30	32,20	25,50	26,00	32,30
134	14/05/05					
135	15/05/05					
136	16/05/05					
137	17/05/05					
138	18/05/05					
139	19/05/05					
140	20/05/05					
141	21/05/05					
142	22/05/05					
143	23/05/05					
144	24/05/05					
145	25/05/05					
146	26/05/05					
147	27/05/05					
148	28/05/05					
149	29/05/05					
150	30/05/05					
151	31/05/05					
152	01/06/05					
153	02/06/05					
154	03/06/05					
155	04/06/05	22,70	24,30	18,00	22,20	27,80
156	05/06/05	2,00	2,10	0,40	-0,60	0,10
157	06/06/05	24,70	26,40	18,40	21,60	27,90
158	07/06/05					
159	08/06/05	23,00	25,60	21,30	23,50	28,20
160	09/06/05	1,70	0,90	-0,60	-0,80	0,80
161	10/06/05	24,70	26,50	20,70	22,70	29,00
162	11/06/05					
163	12/06/05	23,60	25,20	23,40	23,30	28,70
164	13/06/05	1,30	1,00	-0,70	1,40	-0,40
165	14/06/05	24,90	26,20	22,70	24,70	28,30
166	15/06/05					
167	16/06/05	24,50	25,70	22,60	25,10	28,80
168	17/06/05	1,90	0,80	-1,00	-0,40	0,40
169	18/06/05	26,40	26,50	21,60	24,70	29,20
170	19/06/05	27,30	26,20	21,40	24,80	30,00
171	20/06/05	1,00	0,80	0,30	-0,60	0,30
172	21/06/05	28,30	27,00	21,70	24,20	30,30
173	22/06/05					
174	23/06/05	27,20	26,00	23,20	25,50	30,00
175	24/06/05	0,60	0,70	-0,40	-0,10	0,30
176	25/06/05	27,80	26,70	22,80	25,40	30,30
177	26/06/05	26,80	25,90	23,70	26,10	30,40
178	27/06/05	0,80	0,50	1,10	0,70	0,60
179	28/06/05	27,60	26,40	24,80	26,80	31,00
180	29/06/05	26,70	25,80	25,60	27,40	30,50
181	30/06/05	1,10	0,60	-0,90	-0,60	-1,00
182	01/07/05	27,80	26,40	24,70	26,80	29,50
183	02/07/05					

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

184	03/07/05					
185	04/07/05					
186	05/07/05					
187	06/07/05	26,40	25,50	27,20	27,00	30,50
188	07/07/05	0,60	0,30	-0,80	-0,40	-0,70
189	08/07/05	27,00	25,80	26,40	26,60	29,80
190	09/07/05	26,70	25,60	27,00	27,30	30,60
191	10/07/05	1,10	0,60	-0,40	0,50	0,50
192	11/07/05	27,80	26,20	26,60	27,80	31,10
193	12/07/05	26,70	25,30	27,00	28,30	30,60
194	13/07/05	0,70	0,50	-0,80	0,40	0,50
195	14/07/05	27,40	25,80	26,20	28,70	31,10
196	15/07/05	26,70	24,50	26,90	29,20	29,70
197	16/07/05	0,30	0,40	-0,70	-0,30	-0,30
198	17/07/05	27,00	24,90	26,20	28,90	29,40
199	18/07/05	26,20	24,10	26,80	29,70	29,80
200	19/07/05	0,80	0,70	-0,60	-1,00	-0,50
201	20/07/05	27,00	24,80	26,20	28,70	29,30
202	21/07/05	25,80	24,10	26,70	29,30	28,80
203	22/07/05	0,80	0,70	-0,40	-0,40	0,20
204	23/07/05	26,60	24,80	26,30	28,90	29,00
205	24/07/05	26,00	23,40	27,30	29,30	29,80
206	25/07/05	0,80	0,40	-1,20	-0,30	-0,50
207	26/07/05	26,80	23,80	26,10	29,00	29,30
208	27/07/05	25,70	23,50	27,40	29,80	30,20
209	28/07/05	0,80	0,50	-0,80	-0,60	-0,40
210	29/07/05	26,50	24,00	26,60	29,20	29,80
211	30/07/05	26,10	23,80	27,00	28,70	29,40
212	31/07/05	1,20	0,60	-0,90	-0,50	-0,30
213	01/08/05	27,30	24,40	26,10	28,20	29,10
214	02/08/05	26,70	23,60	26,70	28,80	29,20
215	03/08/05	0,90	0,70	-0,90	-0,60	-0,20
216	04/08/05	27,60	24,30	25,80	28,20	29,00
217	05/08/05	26,50	23,80	26,20	29,30	30,50
218	06/08/05	0,80	0,90	-1,50	-1,10	-0,40
219	07/08/05	27,30	24,70	24,70	28,20	30,10
220	08/08/05	26,50	24,00	25,70	28,40	29,90
221	09/08/05	0,40	0,50	-0,60	-0,80	-0,60
222	10/08/05	26,90	24,50	25,10	27,60	29,30
223	11/08/05	25,90	23,90	25,80	27,90	29,80
224	12/08/05	0,70	0,40	-0,40	0,30	-0,40
225	13/08/05	26,60	24,30	25,40	28,20	29,40
226	14/08/05	24,80	22,90	25,80	27,90	29,60
227	15/08/05	0,80	0,60	-0,50	0,30	-0,40
228	16/08/05	25,60	23,50	25,30	28,20	29,20
229	17/08/05	25,00	24,80	24,60	28,00	28,90
230	18/08/05	0,40	0,60	-0,90	-0,60	-0,10
231	19/08/05	25,40	25,40	23,70	27,40	28,80
232	20/08/05	24,80	25,10	24,10	26,50	28,90
233	21/08/05	0,50	0,70	-0,70	-0,70	-0,90
234	22/08/05	25,30	25,80	23,40	25,80	28,00
235	23/08/05	24,60	25,40	24,20	26,20	27,10
236	24/08/05	0,90	0,80	-0,90	-1,20	-1,10
237	25/08/05	25,50	26,20	23,30	25,00	26,00
238	26/08/05	24,80	25,60	24,10	25,30	25,80
239	27/08/05	0,80	0,70	-0,70	0,00	0,40
240	28/08/05	25,60	26,30	23,40	25,30	26,20
241	29/08/05	25,00	25,70	24,10	25,70	26,80
242	30/08/05	0,60	0,70	-0,40	0,40	0,40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

243	31/08/05	25,60	26,40	23,70	26,10	27,20
244	01/09/05	24,70	26,10	24,40	26,70	27,90
245	02/09/05	1,50	0,70	-0,60	0,10	0,30
246	03/09/05	26,20	26,80	23,80	26,80	28,20
247	04/09/05					
248	05/09/05					
249	06/09/05	24,70	25,80	23,50	27,60	28,10
250	07/09/05	0,50	0,60	-0,70	-0,10	-0,40
251	08/09/05	25,20	26,40	22,80	27,50	27,70
252	09/09/05	24,50	26,00	24,00	27,90	28,20
253	10/09/05	0,60	0,30	-0,50	-0,30	0,40
254	11/09/05	25,10	26,30	23,50	27,60	28,60
255	12/09/05	24,20	25,70	24,20	28,30	28,70
256	13/09/05	0,70	0,30	-1,00	-0,40	-0,10
257	14/09/05	24,90	26,00	23,20	27,90	28,60
258	15/09/05					
259	16/09/05					
260	17/09/05					
261	18/09/05					
262	19/09/05					
263	20/09/05					
264	21/09/05					
265	22/09/05					
	ΑΡΧΙΚΗ	22,30	29,80	26,40	28,30	33,20
	ΤΕΛΙΚΗ	24,90	26,00	23,20	27,90	28,60
	ΔΙΑΦΟΡΑ	2,60	-3,80	-3,20	-0,40	-4,60
				-9,40		
266	23/09/05					
267	24/09/05					
268	25/09/05					
269	26/09/05					
270	27/09/05					
271	28/09/05					
272	29/09/05	22,70	24,80	21,80	26,40	28,00
273	30/09/05	0,70	0,30	-0,40	-0,30	-0,30
274	01/10/05	23,40	25,10	21,40	26,10	27,70
275	02/10/05					
276	03/10/05					
277	04/10/05					
278	05/10/05					
279	06/10/05					
280	07/10/05					
281	08/10/05					
282	09/10/05					
283	10/10/05					
284	11/10/05					
285	12/10/05					
286	13/10/05					
287	14/10/05					
288	15/10/05					
289	16/10/05					
290	17/10/05					
	ΑΡΧΙΚΗ	22,30	29,80	26,40	28,30	33,20
	ΤΕΛΙΚΗ	23,40	25,10	21,40	26,10	27,70
	ΔΙΑΦΟΡΑ	1,10	-4,70	-5,00	-2,20	-5,50
	ΣΥΝΟΛΙΚΑ			-16,30		

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΑΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΜΑΡΤΥΡΑΣ 0% ETm 2005				
		0-15	15-30	30-45	45-60	60-75
	2005					
	08/05/05	23,50	20,60	25,80	26,20	28,20
129	09/05/05	2,30	0,60	-0,40	0,20	0,30
130	10/05/05	25,80	21,20	25,40	26,40	28,50
131	11/05/05	26,30	21,30	26,20	27,00	28,10
132	12/05/05	1,60	1,20	-0,20	-0,40	-0,30
133	13/05/05	27,90	22,50	26,00	26,60	27,80
134	14/05/05					
135	15/05/05					
136	16/05/05					
137	17/05/05					
138	18/05/05					
139	19/05/05					
140	20/05/05					
141	21/05/05					
142	22/05/05					
143	23/05/05					
144	24/05/05					
145	25/05/05					
146	26/05/05					
147	27/05/05					
148	28/05/05					
149	29/05/05					
150	30/05/05					
151	31/05/05					
152	01/06/05					
153	02/06/05					
154	03/06/05					
155	04/06/05	24,80	21,60	25,20	26,10	27,40
156	05/06/05	-0,60	-0,20	-0,40	-0,40	-0,40
157	06/06/05	24,20	21,40	24,80	25,70	27,00
158	07/06/05					
159	08/06/05	23,80	21,00	24,50	25,50	26,70
160	09/06/05	-0,30	-0,40	-0,40	-0,30	-0,30
161	10/06/05	23,50	20,60	24,10	25,20	26,40
162	11/06/05					
163	12/06/05	23,20	20,20	23,70	24,80	26,30
164	13/06/05	-0,20	-0,40	-0,20	-0,40	-0,30
165	14/06/05	23,00	19,80	23,50	24,40	26,00
166	15/06/05					
167	16/06/05	22,70	19,50	23,10	24,20	25,70
168	17/06/05	-0,40	-0,30	-0,40	-0,50	-0,40
169	18/06/05	22,30	19,20	22,70	23,70	25,30
170	19/06/05	22,10	19,00	22,50	23,30	25,40
171	20/06/05	-0,30	-0,30	-0,40	-0,40	-0,20
172	21/06/05	21,80	18,70	22,10	22,90	25,20
173	22/06/05					
174	23/06/05	21,50	18,50	21,80	22,50	25,00
175	24/06/05	-0,30	-0,30	-0,40	-0,50	0,20
176	25/06/05	21,20	18,20	21,40	22,00	25,20
177	26/06/05	20,90	17,80	20,70	21,40	24,70
178	27/06/05	-0,50	-0,30	-0,30	-0,40	-0,30
179	28/06/05	20,40	17,50	20,40	21,00	24,40
180	29/06/05	20,10	17,20	19,90	20,60	24,00
181	30/06/05	-0,40	-0,40	-0,50	-0,40	-0,30
182	01/07/05	19,70	16,80	19,40	20,20	23,70
183	02/07/05					

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΑΕΥΣΗΣ

184	03/07/05						
185	04/07/05						
186	05/07/05						
187	06/07/05	19,40	16,40	19,00	19,80	23,40	
188	07/07/05	-0,40	-0,30	-0,40	-0,40	-0,30	
189	08/07/05	19,00	16,10	18,60	19,40	23,10	
190	09/07/05	18,60	15,80	18,40	19,30	22,70	
191	10/07/05	-0,20	-0,20	-0,40	-0,20	-0,10	
192	11/07/05	18,40	15,60	18,00	19,10	22,60	
193	12/07/05	18,00	15,20	17,80	18,80	22,30	
194	13/07/05	-0,50	-0,20	-0,40	-0,50	-0,30	
195	14/07/05	17,50	15,00	17,40	18,30	22,00	
196	15/07/05	17,30	14,80	17,10	18,20	21,70	
197	16/07/05	-0,30	-0,20	-0,30	-0,20	-0,20	
198	17/07/05	17,00	14,60	16,80	18,00	21,50	
199	18/07/05	16,70	14,50	16,50	17,80	21,30	
200	19/07/05	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	
201	20/07/05	16,50	14,30	16,30	17,60	21,10	
202	21/07/05	16,20	14,10	15,90	17,40	21,40	
203	22/07/05	-0,50	-0,10	-0,50	-0,60	-0,60	
204	23/07/05	15,70	14,00	15,40	16,80	20,80	
205	24/07/05	15,50	14,00	15,40	16,80	20,80	
206	25/07/05	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	
207	26/07/05	15,30	13,80	15,20	16,60	20,60	
208	27/07/05	15,30	13,70	15,00	16,40	20,50	
209	28/07/05	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	
210	29/07/05	15,20	13,60	14,90	16,30	20,40	
211	30/07/05	15,10	13,50	14,80	16,20	20,40	
212	31/07/05	-0,40	-0,30	-0,20	-0,20	-0,20	
213	01/08/05	14,70	13,20	14,60	16,00	20,20	
214	02/08/05	14,60	13,10	14,50	16,20	20,30	
215	03/08/05	-0,10	-0,20	0,10	-0,20	-0,10	
216	04/08/05	14,50	12,90	14,60	16,00	20,20	
217	05/08/05	14,30	12,80	14,50	15,90	20,30	
218	06/08/05	0,00	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	
219	07/08/05	14,30	12,70	14,40	15,80	20,20	
220	08/08/05	14,20	12,70	14,30	15,70	20,00	
221	09/08/05	0,10	-0,10	-0,30	-0,10	0,20	
222	10/08/05	14,30	12,60	14,00	15,60	20,20	
223	11/08/05	14,20	12,40	13,80	15,40	20,10	
224	12/08/05	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,30	
225	13/08/05	14,00	12,20	13,60	15,20	19,80	
226	14/08/05	13,80	12,10	13,50	15,00	19,60	
227	15/08/05	-0,20	-0,10	-0,10	0,00	0,20	
228	16/08/05	13,60	12,00	13,40	15,00	19,80	
229	17/08/05	13,50	11,80	13,20	14,80	19,80	
230	18/08/05	-0,20	-0,20	-0,20	0,00	0,20	
231	19/08/05	13,30	11,60	13,00	14,80	20,00	
232	20/08/05	13,10	11,50	12,80	14,60	19,80	
233	21/08/05	-0,10	-0,10	-0,20	-0,10	0,00	
234	22/08/05	13,00	11,40	12,60	14,50	19,80	
235	23/08/05	12,80	11,20	12,50	14,50	19,70	
236	24/08/05	-0,10	-0,20	-0,20	0,00	-0,10	
237	25/08/05	12,70	11,00	12,30	14,50	19,60	
238	26/08/05	12,50	11,20	12,30	14,60	19,70	
239	27/08/05	-0,10	0,00	0,10	-0,10	0,20	
240	28/08/05	12,40	11,20	12,40	14,50	19,90	
241	29/08/05	12,30	11,00	12,20	14,20	19,70	
242	30/08/05	-0,30	-0,20	0,10	0,10	-0,10	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

243	31/08/05	12,00	10,80	12,30	14,30	19,60
244	01/09/05	11,70	10,60	12,20	14,20	19,50
245	02/09/05	0,10	-0,10	0,10	0,10	0,20
246	03/09/05	11,80	10,50	12,30	14,30	19,70
247	04/09/05					
248	05/09/05					
249	06/09/05	11,60	10,60	12,50	14,40	19,80
250	07/09/05	-0,30	-0,20	0,20	-0,20	-0,30
251	08/09/05	11,30	10,40	12,70	14,20	19,50
252	09/09/05	11,10	10,40	12,50	14,20	19,60
253	10/09/05	-0,30	-0,10	-0,10	0,30	-0,10
254	11/09/05	10,80	10,30	12,40	14,50	19,50
255	12/09/05	10,60	10,10	12,20	14,20	19,30
256	13/09/05	-0,20	-0,30	-0,20	0,20	0,30
257	14/09/05	10,40	9,80	12,00	14,40	19,60
258	15/09/05					
259	16/09/05					
260	17/09/05					
261	18/09/05					
262	19/09/05					
263	20/09/05					
264	21/09/05					
265	22/09/05					
	ΑΡΧΙΚΗ	23,50	20,60	25,80	26,20	28,20
	ΤΕΛΙΚΗ	10,40	9,80	12,00	14,40	19,60
	ΔΙΑΦΟΡΑ	-13,10	-10,80	-13,80	-11,80	-8,60
				-58,10		
266	23/09/05					
267	24/09/05					
268	25/09/05					
269	26/09/05					
270	27/09/05					
271	28/09/05					
272	29/09/05	12,30	11,50	14,60	15,80	21,70
273	30/09/05	-0,30	-0,20	-0,40	-0,20	-0,10
274	01/10/05	12,00	11,30	14,20	15,60	21,60
275	02/10/05					
276	03/10/05					
277	04/10/05					
278	05/10/05					
279	06/10/05					
280	07/10/05					
281	08/10/05					
282	09/10/05					
283	10/10/05					
284	11/10/05					
285	12/10/05					
286	13/10/05					
287	14/10/05					
288	15/10/05					
289	16/10/05					
290	17/10/05					
	ΑΡΧΙΚΗ	23,50	20,60	25,80	26,20	28,20
	ΤΕΛΙΚΗ	12,00	11,30	14,20	15,60	21,60
	ΔΙΑΦΟΡΑ	-11,50	-9,30	-11,60	-10,60	-6,60
	ΣΥΝΟΛΙΚΑ			-49,60		

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΣΤΑΓΔΗΝ 100% ETm 2006				
		0-15	15-30	30-45	45-60	60-75
	2006					
	08/05/06	23,20	28,70	27,30	27,50	31,50
129	09/05/06	3,80	1,30	-0,50	-0,30	-0,10
130	10/05/06	27,00	30,00	26,80	27,20	31,40
131	11/05/06	26,70	29,30	27,30	27,50	31,60
132	12/05/06	2,00	0,90	-0,50	-0,30	-0,40
133	13/05/06	28,70	30,20	26,80	27,20	31,20
134	14/05/06					
135	15/05/06					
136	16/05/06					
137	17/05/06					
138	18/05/06					
139	19/05/06	25,70	26,80	24,60	25,90	32,30
140	20/05/06	0,70	0,90	-0,60	-0,40	-0,40
141	21/05/06	26,40	27,70	24,00	25,50	31,90
142	22/05/06					
143	23/05/06					
144	24/05/06					
145	25/05/06					
146	26/05/06					
147	27/05/06					
148	28/05/06					
149	29/05/06	25,40	26,80	24,40	25,00	31,30
150	30/05/06	0,90	0,30	-0,50	-0,20	-0,30
151	31/05/06	26,30	27,10	23,90	24,80	31,00
152	01/06/06					
153	02/06/06					
154	03/06/06					
155	04/06/06					
156	05/06/06					
157	06/06/06					
158	07/06/06					
159	08/06/06					
160	09/06/06					
161	10/06/06					
162	11/06/06					
163	12/06/06					
164	13/06/06					
165	14/06/06					
166	15/06/06					
167	16/06/06					
168	17/06/06					
169	18/06/06					
170	19/06/06	25,70	26,80	25,60	25,60	30,60
171	20/06/06	1,10	0,40	-0,40	-0,20	0,20
172	21/06/06	26,80	27,20	25,20	25,40	30,80
173	22/06/06					
174	23/06/06	26,40	26,80	25,80	26,00	30,80
175	24/06/06	0,90	0,60	-0,60	-0,30	-0,10
176	25/06/06	27,30	27,40	25,20	25,70	30,70
177	26/06/06	26,80	27,00	25,90	25,90	31,00
178	27/06/06	0,70	0,30	-0,50	-0,10	-0,20
179	28/06/06	27,50	27,30	25,40	25,80	30,80
180	29/06/06	26,90	26,80	26,20	26,10	31,20
181	30/06/06	0,50	0,50	-0,50	-0,40	0,10
182	01/07/06	27,40	27,30	25,70	25,70	31,30
183	02/07/06					

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΑΕΥΣΗΣ

184	03/07/06					
185	04/07/06					
186	05/07/06					
187	06/07/06	26,80	26,60	25,80	26,00	31,50
188	07/07/06	0,70	0,30	-0,60	-0,50	-0,10
189	08/07/06	27,50	26,90	25,20	25,50	31,40
190	09/07/06	27,30	26,40	25,80	25,90	31,00
191	10/07/06	0,50	0,60	-0,40	-0,30	-0,20
192	11/07/06	27,80	27,00	25,40	25,60	30,80
193	12/07/06	27,20	25,80	24,80	25,30	31,00
194	13/07/06	0,60	0,40	-0,50	0,30	0,30
195	14/07/06	27,80	26,20	24,30	25,60	31,30
196	15/07/06	26,80	25,70	25,00	26,20	30,90
197	16/07/06	0,50	0,50	-0,70	-0,20	-0,20
198	17/07/06	27,30	26,20	24,30	26,00	30,70
199	18/07/06					
200	19/07/06	26,80	25,50	25,00	26,30	30,70
201	20/07/06	0,60	0,50	-0,30	-0,40	0,30
202	21/07/06	27,40	26,00	24,70	25,90	31,00
203	22/07/06	26,90	25,80	25,80	26,30	30,50
204	23/07/06	0,70	0,70	-0,30	-0,50	0,20
205	24/07/06	27,60	26,50	25,50	25,80	30,70
206	25/07/06	27,30	26,30	26,20	26,20	31,10
207	26/07/06	0,50	0,70	0,20	0,30	-0,40
208	27/07/06	27,80	27,00	26,40	26,50	30,70
209	28/07/06	27,20	26,50	26,60	26,80	30,40
210	29/07/06	0,30	0,50	-0,40	-0,40	-0,50
211	30/07/06	27,50	27,00	26,20	26,40	29,90
212	31/07/06					
213	01/08/06	26,40	25,90	25,50	25,20	30,40
214	02/08/06	0,50	0,50	-0,20	-0,20	-0,40
215	03/08/06	26,90	26,40	25,30	25,00	30,00
216	04/08/06	26,20	25,80	24,80	25,20	30,40
217	05/08/06	0,80	0,20	-0,50	-0,30	-0,60
218	06/08/06	27,00	26,00	24,30	24,90	29,80
219	07/08/06	26,50	25,80	25,10	25,00	30,30
220	08/08/06	0,20	0,40	-0,50	-0,40	0,10
221	09/08/06	26,70	26,20	24,60	24,60	30,40
222	10/08/06	26,20	25,80	25,20	25,30	30,80
223	11/08/06	0,70	0,60	-0,50	-0,30	0,30
224	12/08/06	26,90	26,40	24,70	25,00	31,10
225	13/08/06	26,50	25,80	25,10	25,50	31,30
226	14/08/06	0,50	0,60	-0,80	-0,60	-0,50
227	15/08/06	27,00	26,40	24,30	24,90	30,80
228	16/08/06	26,30	25,80	24,80	25,00	30,60
229	17/08/06	0,50	0,40	-0,60	-0,70	-0,60
230	18/08/06	26,80	26,20	24,20	24,30	30,00
231	19/08/06	26,20	25,60	24,90	25,00	30,30
232	20/08/06	0,50	0,40	-0,50	0,10	0,20
233	21/08/06	26,70	26,00	24,40	25,10	30,50
234	22/08/06	26,20	25,70	24,80	25,80	30,60
235	23/08/06	0,70	0,70	-0,40	-0,20	0,00
236	24/08/06	26,90	26,40	24,40	25,60	30,60
237	25/08/06					
238	26/08/06	26,00	25,40	23,80	25,30	30,20
239	27/08/06	0,70	0,40	-0,60	-0,60	0,50
240	28/08/06	26,70	25,80	23,20	24,70	30,70
241	29/08/06	26,20	25,10	23,80	25,00	30,80
242	30/08/06	0,50	0,30	-0,40	-0,20	-0,30

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

243	31/08/06	26,70	25,40	23,40	24,80	30,50
244	01/09/06	26,40	24,80	24,00	25,00	29,80
245	02/09/06	0,50	0,80	-0,50	-0,40	0,30
246	03/09/06	26,90	25,60	23,50	24,60	30,10
247	04/09/06	26,30	25,00	24,30	24,90	30,40
248	05/09/06	0,50	0,30	-0,60	-0,60	-0,60
249	06/09/06	26,80	25,30	23,70	24,30	29,80
250	07/09/06	26,20	24,80	24,40	24,70	30,30
251	08/09/06	0,50	0,50	-0,40	-0,50	0,30
252	09/09/06	26,70	25,30	24,00	24,20	30,60
253	10/09/06					
254	11/09/06					
255	12/09/06	25,40	24,80	24,30	23,70	30,80
256	13/09/06	0,60	0,60	-0,30	-0,20	0,20
257	14/09/06	26,00	25,40	24,00	23,50	31,00
258	15/09/06					
259	16/09/06					
260	17/09/06					
261	18/09/06					
262	19/09/06					
263	20/09/06	25,40	24,90	23,70	23,10	30,50
264	21/09/06	1,30	0,80	-0,20	0,20	0,10
265	22/09/06	26,70	25,70	23,50	23,30	30,60
	ΑΡΧΙΚΗ	23,20	28,70	27,30	27,50	31,50
	ΤΕΛΙΚΗ	26,70	25,70	23,50	23,30	30,60
	ΔΙΑΦΟΡΑ	3,50	-3,00	-3,80	-4,20	-0,90
				-8,40		
266	23/09/06					
267	24/09/06					
268	25/09/06					
269	26/09/06					
270	27/09/06					
271	28/09/06					
272	29/09/06					
273	30/09/06					
274	01/10/06					
275	02/10/06					
276	03/10/06					
277	04/10/06					
278	05/10/06					
279	06/10/06					
280	07/10/06					
281	08/10/06					
282	09/10/06					
283	10/10/06					
284	11/10/06					
285	12/10/06					
286	13/10/06					
287	14/10/06					
288	15/10/06					
289	16/10/06					
290	17/10/06					
	ΑΡΧΙΚΗ	23,20	28,70	27,30	27,50	31,50
	ΤΕΛΙΚΗ	26,70	25,70	23,50	23,30	30,60
	ΔΙΑΦΟΡΑ	3,50	-3,00	-3,80	-4,20	-0,90
	ΣΥΝΟΛΙΚΑ			-8,40		

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΥΠΟΓΕΙΑ ΣΤΑΓΔΗΝ 80% ΕΤm 2006				
		0-15	15-30	30-45	45-60	60-75
	2006					
	08/05/06	22,50	23,80	21,80	24,80	28,70
129	09/05/06	2,20	1,10	-0,20	-0,80	0,30
130	10/05/06	24,70	24,90	21,60	24,00	29,00
131	11/05/06	24,40	25,30	22,70	24,40	29,60
132	12/05/06	1,20	0,70	0,10	0,40	0,60
133	13/05/06	25,60	26,00	22,80	24,80	30,20
134	14/05/06					
135	15/05/06					
136	16/05/06					
137	17/05/06					
138	18/05/06					
139	19/05/06	22,70	24,50	23,40	24,20	29,30
140	20/05/06	-0,40	-0,20	1,10	0,40	0,10
141	21/05/06	22,30	24,30	24,50	24,60	29,40
142	22/05/06					
143	23/05/06					
144	24/05/06					
145	25/05/06					
146	26/05/06					
147	27/05/06					
148	28/05/06					
149	29/05/06	21,70	23,80	22,80	23,80	29,60
150	30/05/06	-0,30	-0,20	1,00	0,30	-0,20
151	31/05/06	21,40	23,60	23,80	24,10	29,40
152	01/06/06					
153	02/06/06					
154	03/06/06					
155	04/06/06					
156	05/06/06					
157	06/06/06					
158	07/06/06					
159	08/06/06					
160	09/06/06					
161	10/06/06					
162	11/06/06					
163	12/06/06					
164	13/06/06					
165	14/06/06					
166	15/06/06					
167	16/06/06					
168	17/06/06					
169	18/06/06					
170	19/06/06	19,70	21,50	22,40	23,60	28,70
171	20/06/06	-0,40	-0,30	0,80	0,30	0,10
172	21/06/06	19,30	21,20	23,20	23,90	28,80
173	22/06/06					
174	23/06/06	19,00	20,90	23,40	23,60	29,30
175	24/06/06	-0,30	-0,50	1,30	0,60	-0,20
176	25/06/06	18,70	20,40	24,70	24,20	29,10
177	26/06/06	19,20	20,70	24,10	24,40	29,40
178	27/06/06	-0,40	-0,30	0,80	0,20	0,20
179	28/06/06	18,80	20,40	24,90	24,60	29,60
180	29/06/06	19,50	21,00	24,20	24,80	29,90
181	30/06/06	-0,50	-0,40	0,80	0,30	0,30
182	01/07/06	19,00	20,60	25,00	25,10	30,20
183	02/07/06					

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

184	03/07/06					
185	04/07/06					
186	05/07/06					
187	06/07/06	18,50	20,10	25,40	24,80	29,60
188	07/07/06	-0,20	-0,30	0,90	0,30	0,10
189	08/07/06	18,30	19,80	26,30	25,10	29,70
190	09/07/06	19,00	20,30	25,80	25,50	29,40
191	10/07/06	-0,40	-0,20	1,00	0,30	0,20
192	11/07/06	18,60	20,10	26,80	25,80	29,60
193	12/07/06	19,40	20,70	26,20	25,60	29,40
194	13/07/06	-0,40	-0,20	0,80	-0,40	0,30
195	14/07/06	19,00	20,50	27,00	25,20	29,70
196	15/07/06	19,50	20,80	26,20	25,60	29,70
197	16/07/06	-0,40	-0,50	0,80	0,50	0,30
198	17/07/06	19,10	20,30	27,00	26,10	30,00
199	18/07/06					
200	19/07/06	18,70	19,60	26,80	25,70	29,60
201	20/07/06	-0,30	-0,40	0,50	0,30	-0,20
202	21/07/06	18,40	19,20	27,30	26,00	29,40
203	22/07/06	19,20	19,80	26,50	25,50	29,70
204	23/07/06	0,20	0,20	0,70	0,70	-0,30
205	24/07/06	19,40	20,00	27,20	26,20	29,40
206	25/07/06	20,00	20,40	26,60	26,80	29,70
207	26/07/06	-0,60	0,20	0,60	0,50	-0,10
208	27/07/06	19,40	20,60	27,20	27,30	29,60
209	28/07/06	19,90	21,00	26,40	27,00	29,70
210	29/07/06	-0,60	-0,20	0,70	-0,30	-0,30
211	30/07/06	19,30	20,80	27,10	26,70	29,40
212	31/07/06					
213	01/08/06	19,00	20,50	26,50	26,30	29,00
214	02/08/06	-0,50	-0,30	0,70	0,40	0,20
215	03/08/06	18,50	20,20	27,20	26,70	29,20
216	04/08/06	18,80	20,80	26,70	26,60	29,50
217	05/08/06	-0,60	-0,30	0,50	0,40	0,50
218	06/08/06	18,20	20,50	27,20	27,00	30,00
219	07/08/06	18,50	20,60	26,40	26,50	29,60
220	08/08/06	-0,60	-0,60	0,40	0,20	0,10
221	09/08/06	17,90	20,00	26,80	26,70	29,70
222	10/08/06	18,20	19,80	26,30	26,40	29,50
223	11/08/06	-0,40	-0,20	0,90	0,20	0,00
224	12/08/06	17,80	19,60	27,20	26,60	29,50
225	13/08/06	18,30	20,00	26,40	26,20	29,80
226	14/08/06	-0,70	-0,40	0,80	0,20	0,40
227	15/08/06	17,60	19,60	27,20	26,40	30,20
228	16/08/06	18,30	20,10	26,40	26,10	29,70
229	17/08/06	-0,70	0,20	0,80	0,40	-0,20
230	18/08/06	17,60	20,30	27,20	26,50	29,50
231	19/08/06	18,00	20,50	26,40	25,80	30,20
232	20/08/06	-0,70	-0,30	0,60	0,40	-0,60
233	21/08/06	17,30	20,20	27,00	26,20	29,60
234	22/08/06	17,80	20,50	26,20	25,40	29,40
235	23/08/06	-0,60	-0,50	0,40	0,40	-0,10
236	24/08/06	17,20	20,00	26,60	25,80	29,30
237	25/08/06					
238	26/08/06	17,20	19,70	25,80	25,50	29,50
239	27/08/06	-0,40	-0,20	0,50	0,30	-0,30
240	28/08/06	16,80	19,50	26,30	25,80	29,20
241	29/08/06	17,10	19,90	26,00	25,70	29,60
242	30/08/06	-0,40	0,10	0,60	0,10	-0,20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

243	31/08/06	16,70	20,00	26,60	25,80	29,40
244	01/09/06	16,90	20,40	26,40	25,10	29,00
245	02/09/06	-0,60	-0,20	0,60	0,30	-0,30
246	03/09/06	16,30	20,20	27,00	25,40	28,70
247	04/09/06	16,70	20,70	26,50	25,00	29,00
248	05/09/06	-0,30	-0,50	0,50	0,20	0,30
249	06/09/06	16,40	20,20	27,00	25,20	29,30
250	07/09/06	16,80	20,50	26,60	24,80	29,80
251	08/09/06	-0,60	-0,20	0,80	0,40	-0,30
252	09/09/06	16,20	20,30	27,40	25,20	29,50
253	10/09/06					
254	11/09/06					
255	12/09/06	15,70	19,60	25,80	25,00	29,00
256	13/09/06	-0,20	-0,20	0,70	0,30	-0,20
257	14/09/06	15,50	19,40	26,50	25,30	28,80
258	15/09/06					
259	16/09/06					
260	17/09/06					
261	18/09/06					
262	19/09/06					
263	20/09/06	14,80	18,80	25,50	24,60	28,20
264	21/09/06	-0,10	-0,20	0,80	0,30	0,10
265	22/09/06	14,70	18,60	26,30	24,90	28,30
	ΑΡΧΙΚΗ	22,50	23,80	21,80	24,80	28,70
	ΤΕΛΙΚΗ	14,70	18,60	26,30	24,90	28,30
	ΔΙΑΦΟΡΑ	-7,80	-5,20	4,50	0,10	-0,40
				-8,80		
266	23/09/06					
267	24/09/06					
268	25/09/06					
269	26/09/06					
270	27/09/06					
271	28/09/06					
272	29/09/06					
273	30/09/06					
274	01/10/06					
275	02/10/06					
276	03/10/06					
277	04/10/06					
278	05/10/06					
279	06/10/06					
280	07/10/06					
281	08/10/06					
282	09/10/06					
283	10/10/06					
284	11/10/06					
285	12/10/06					
286	13/10/06					
287	14/10/06					
288	15/10/06					
289	16/10/06					
290	17/10/06					
	ΑΡΧΙΚΗ	22,50	23,80	21,80	24,80	28,70
	ΤΕΛΙΚΗ	14,70	18,60	26,30	24,90	28,30
	ΔΙΑΦΟΡΑ	-7,80	-5,20	4,50	0,10	-0,40
	ΣΥΝΟΛΙΚΑ			-8,80		

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΣΤΑΓΔΗΝ 80% ETm 2006				
		0-15	15-30	30-45	45-60	60-75
	2006					
	08/05/06	19,70	18,80	20,60	24,70	28,60
129	09/05/06	1,80	1,00	0,60	0,40	0,20
130	10/05/06	21,50	19,80	21,20	25,10	28,80
131	11/05/06	20,80	19,60	21,50	25,70	29,40
132	12/05/06	1,50	1,20	0,70	0,30	0,80
133	13/05/06	22,30	20,80	22,20	26,00	30,20
134	14/05/06					
135	15/05/06					
136	16/05/06					
137	17/05/06					
138	18/05/06					
139	19/05/06	20,60	20,20	21,60	25,30	29,70
140	20/05/06	1,20	0,50	-0,30	-0,10	-0,30
141	21/05/06	21,80	20,70	21,30	25,20	29,40
142	22/05/06					
143	23/05/06					
144	24/05/06					
145	25/05/06					
146	26/05/06					
147	27/05/06					
148	28/05/06					
149	29/05/06	18,60	19,30	21,20	24,80	28,90
150	30/05/06	0,80	0,70	-0,40	-0,40	-0,30
151	31/05/06	19,40	20,00	20,80	24,40	28,60
152	01/06/06					
153	02/06/06					
154	03/06/06					
155	04/06/06					
156	05/06/06					
157	06/06/06					
158	07/06/06					
159	08/06/06					
160	09/06/06					
161	10/06/06					
162	11/06/06					
163	12/06/06					
164	13/06/06					
165	14/06/06					
166	15/06/06					
167	16/06/06					
168	17/06/06					
169	18/06/06					
170	19/06/06	18,20	19,20	18,30	22,40	27,80
171	20/06/06	1,60	1,00	-0,10	-0,40	0,20
172	21/06/06	19,80	20,20	18,20	22,00	28,00
173	22/06/06					
174	23/06/06	19,20	19,80	19,40	22,40	28,70
175	24/06/06	1,00	0,60	0,30	0,10	-0,10
176	25/06/06	20,20	20,40	19,70	22,50	28,60
177	26/06/06	19,50	19,80	20,20	22,70	29,30
178	27/06/06	0,90	0,40	-0,50	-0,10	0,10
179	28/06/06	20,40	20,20	19,70	22,60	29,40
180	29/06/06	19,80	19,70	20,30	23,00	29,80
181	30/06/06	1,30	0,60	-0,50	-0,40	-0,40
182	01/07/06	21,10	20,30	19,80	22,60	29,40
183	02/07/06					

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

184	03/07/06						
185	04/07/06						
186	05/07/06						
187	06/07/06	19,30	18,20	18,50	21,60	28,40	
188	07/07/06	1,40	0,60	-0,30	-0,30	0,30	
189	08/07/06	20,70	18,80	18,20	21,30	28,70	
190	09/07/06	19,60	18,60	18,80	21,70	29,00	
191	10/07/06	1,60	0,70	-0,40	-0,10	-0,30	
192	11/07/06	21,20	19,30	18,40	21,60	28,70	
193	12/07/06	20,80	19,00	19,20	21,90	28,70	
194	13/07/06	1,00	0,90	-0,20	-0,40	-0,20	
195	14/07/06	21,80	19,90	19,00	21,50	28,50	
196	15/07/06	20,40	19,30	19,50	22,30	29,20	
197	16/07/06	1,50	0,70	0,20	-0,30	-0,30	
198	17/07/06	21,90	20,00	19,70	22,00	28,90	
199	18/07/06						
200	19/07/06	20,80	19,40	19,20	21,80	28,20	
201	20/07/06	1,20	0,50	-0,40	-0,30	0,30	
202	21/07/06	22,00	19,90	18,80	21,50	28,50	
203	22/07/06	21,20	19,60	19,50	21,80	29,20	
204	23/07/06	1,10	0,60	0,10	-0,40	0,10	
205	24/07/06	22,30	20,20	19,60	21,40	29,30	
206	25/07/06	21,40	19,70	20,30	21,70	28,90	
207	26/07/06	1,20	0,70	-0,30	-0,20	0,30	
208	27/07/06	22,60	20,40	20,00	21,50	29,20	
209	28/07/06	21,20	19,80	20,70	21,80	29,30	
210	29/07/06	1,00	0,60	-0,40	-0,10	0,10	
211	30/07/06	22,20	20,40	20,30	21,70	29,40	
212	31/07/06						
213	01/08/06	21,30	19,60	20,00	21,40	29,20	
214	02/08/06	1,40	0,80	-0,40	-0,50	0,10	
215	03/08/06	22,70	20,40	19,60	20,90	29,30	
216	04/08/06	21,40	19,80	20,20	20,40	29,00	
217	05/08/06	1,10	0,70	0,20	-0,60	0,20	
218	06/08/06	22,50	20,50	20,40	19,80	29,20	
219	07/08/06	21,60	20,10	19,80	19,80	29,40	
220	08/08/06	1,20	0,70	-0,30	0,30	-0,40	
221	09/08/06	22,80	20,80	19,50	20,10	29,00	
222	10/08/06	21,50	20,20	19,90	20,40	29,50	
223	11/08/06	1,10	0,60	-0,20	0,40	-0,30	
224	12/08/06	22,60	20,80	19,70	20,80	29,20	
225	13/08/06	21,80	20,20	20,00	21,20	28,70	
226	14/08/06	0,60	0,70	-0,50	-0,40	0,40	
227	15/08/06	22,40	20,90	19,50	20,80	29,10	
228	16/08/06	21,20	20,20	19,80	21,20	28,70	
229	17/08/06	1,60	0,60	-0,40	-0,40	-0,10	
230	18/08/06	22,80	20,80	19,40	20,80	28,60	
231	19/08/06	21,70	20,40	19,70	21,40	29,00	
232	20/08/06	0,90	0,80	-0,30	-0,40	0,20	
233	21/08/06	22,60	21,20	19,40	21,00	29,20	
234	22/08/06	21,40	20,70	20,00	21,50	28,70	
235	23/08/06	1,30	0,60	-0,40	-0,10	0,40	
236	24/08/06	22,70	21,30	19,60	21,40	29,10	
237	25/08/06						
238	26/08/06	21,30	20,60	19,50	20,80	28,60	
239	27/08/06	1,20	0,90	-0,30	-0,40	-0,10	
240	28/08/06	22,50	21,50	19,20	20,40	28,50	
241	29/08/06	21,30	20,90	19,40	20,70	28,90	
242	30/08/06	0,90	0,50	-0,30	-0,20	0,30	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

243	31/08/06	22,20	21,40	19,10	20,50	29,20
244	01/09/06	21,80	21,00	19,70	21,20	29,60
245	02/09/06	1,10	0,50	-0,10	0,10	-0,20
246	03/09/06	22,90	21,50	19,60	21,30	29,40
247	04/09/06	22,00	20,90	20,20	21,80	29,20
248	05/09/06	1,20	0,60	-0,40	-0,30	0,20
249	06/09/06	23,20	21,50	19,80	21,50	29,40
250	07/09/06	22,60	20,80	19,70	21,20	28,90
251	08/09/06	1,20	0,90	-0,20	0,30	-0,30
252	09/09/06	23,80	21,70	19,50	21,50	28,60
253	10/09/06					
254	11/09/06					
255	12/09/06	21,80	19,70	18,50	20,20	28,00
256	13/09/06	0,70	0,20	-0,50	-0,70	-0,60
257	14/09/06	22,50	19,90	18,00	19,50	27,40
258	15/09/06					
259	16/09/06					
260	17/09/06					
261	18/09/06					
262	19/09/06					
263	20/09/06	19,30	17,80	17,90	19,20	26,80
264	21/09/06	0,50	0,40	-0,10	-0,20	-0,40
265	22/09/06	19,80	18,20	17,80	19,00	26,40
	ΑΡΧΙΚΗ	19,70	18,80	20,60	24,70	28,60
	ΤΕΛΙΚΗ	19,80	18,20	17,80	19,00	26,40
	ΔΙΑΦΟΡΑ	0,10	-0,60	-2,80	-5,70	-2,20
				-11,20		
266	23/09/06					
267	24/09/06					
268	25/09/06					
269	26/09/06					
270	27/09/06					
271	28/09/06					
272	29/09/06					
273	30/09/06					
274	01/10/06					
275	02/10/06					
276	03/10/06					
277	04/10/06					
278	05/10/06					
279	06/10/06					
280	07/10/06					
281	08/10/06					
282	09/10/06					
283	10/10/06					
284	11/10/06					
285	12/10/06					
286	13/10/06					
287	14/10/06					
288	15/10/06					
289	16/10/06					
290	17/10/06					
	ΑΡΧΙΚΗ	19,70	18,80	20,60	24,70	28,60
	ΤΕΛΙΚΗ	19,80	18,20	17,80	19,00	26,40
	ΔΙΑΦΟΡΑ	0,10	-0,60	-2,80	-5,70	-2,20
	ΣΥΝΟΛΙΚΑ			-11,20		

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΜΑΡΤΥΡΑΣ 0% ΕΤm 2006				
		0-15	15-30	30-45	45-60	60-75
	2006					
	08/05/06	18,60	17,60	18,50	20,80	26,50
129	09/05/06	1,70	0,90	0,10	-0,20	0,20
130	10/05/06	20,30	18,50	18,60	20,60	26,70
131	11/05/06	20,00	18,30	19,30	21,40	27,00
132	12/05/06	1,20	0,70	-0,10	-0,30	0,20
133	13/05/06	21,20	19,00	19,20	21,10	27,20
134	14/05/06					
135	15/05/06					
136	16/05/06					
137	17/05/06					
138	18/05/06					
139	19/05/06	19,70	18,40	18,70	20,60	26,90
140	20/05/06	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,10
141	21/05/06	19,50	18,20	18,50	20,40	26,80
142	22/05/06					
143	23/05/06					
144	24/05/06					
145	25/05/06					
146	26/05/06					
147	27/05/06					
148	28/05/06					
149	29/05/06	19,10	17,80	18,30	20,20	28,90
150	30/05/06	-0,20	-0,30	-0,10	-0,20	-0,10
151	31/05/06	18,90	17,50	18,20	20,00	28,80
152	01/06/06					
153	02/06/06					
154	03/06/06					
155	04/06/06					
156	05/06/06					
157	06/06/06					
158	07/06/06					
159	08/06/06					
160	09/06/06					
161	10/06/06					
162	11/06/06					
163	12/06/06					
164	13/06/06					
165	14/06/06					
166	15/06/06					
167	16/06/06					
168	17/06/06					
169	18/06/06					
170	19/06/06	17,80	18,00	17,80	19,70	28,10
171	20/06/06	-0,20	-0,30	-0,30	-0,10	0,10
172	21/06/06	17,60	17,70	17,50	19,60	28,20
173	22/06/06					
174	23/06/06	17,30	17,40	17,30	19,50	28,00
175	24/06/06	-0,30	-0,20	-0,40	-0,10	-0,30
176	25/06/06	17,00	17,20	16,90	19,40	27,70
177	26/06/06	16,80	17,00	16,60	19,10	27,50
178	27/06/06	-0,30	-0,20	-0,20	-0,10	-0,20
179	28/06/06	16,50	16,80	16,40	19,00	27,30
180	29/06/06	16,30	16,70	16,30	18,80	27,40
181	30/06/06	-0,20	-0,10	-0,30	-0,20	-0,20
182	01/07/06	16,10	16,60	16,00	18,60	27,20
183	02/07/06					

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΑΕΥΣΗΣ

184	03/07/06						
185	04/07/06						
186	05/07/06						
187	06/07/06	15,70	16,40	15,80	18,50	27,30	
188	07/07/06	-0,20	-0,10	-0,10	-0,20	-0,20	
189	08/07/06	15,50	16,30	15,70	18,30	27,10	
190	09/07/06	15,20	16,20	15,50	18,20	26,80	
191	10/07/06	-0,30	-0,20	-0,10	0,00	-0,20	
192	11/07/06	14,90	16,00	15,40	18,20	26,60	
193	12/07/06	14,70	15,80	15,20	17,90	26,50	
194	13/07/06	-0,20	-0,20	-0,10	-0,20	0,00	
195	14/07/06	14,50	15,60	15,10	17,70	26,50	
196	15/07/06	14,20	15,40	15,00	17,50	26,40	
197	16/07/06	-0,20	-0,20	-0,20	-0,10	0,10	
198	17/07/06	14,00	15,20	14,80	17,40	26,50	
199	18/07/06						
200	19/07/06	14,00	14,90	14,60	17,30	26,30	
201	20/07/06	-0,30	-0,20	-0,20	-0,10	0,10	
202	21/07/06	13,70	14,70	14,40	17,20	26,40	
203	22/07/06	13,60	14,60	14,20	17,00	26,30	
204	23/07/06	-0,20	-0,30	-0,20	-0,20	-0,10	
205	24/07/06	13,40	14,30	14,00	16,80	26,20	
206	25/07/06	13,30	14,10	13,90	16,70	26,00	
207	26/07/06	-0,20	-0,20	-0,10	-0,10	-0,20	
208	27/07/06	13,10	13,90	13,80	16,60	25,80	
209	28/07/06	12,90	13,80	13,60	16,50	25,70	
210	29/07/06	-0,20	-0,10	-0,10	-0,20	0,00	
211	30/07/06	12,70	13,70	13,50	16,30	25,70	
212	31/07/06						
213	01/08/06	12,50	13,60	13,40	16,20	25,50	
214	02/08/06	-0,10	-0,10	-0,10	0,00	0,10	
215	03/08/06	12,40	13,50	13,30	16,20	25,60	
216	04/08/06	12,30	13,50	13,20	16,20	25,40	
217	05/08/06	-0,10	-0,10	-0,20	0,00	-0,10	
218	06/08/06	12,20	13,40	13,00	16,20	25,30	
219	07/08/06	12,00	13,30	12,80	16,10	25,20	
220	08/08/06	-0,20	-0,10	-0,10	-0,10	0,00	
221	09/08/06	11,80	13,20	12,70	16,00	25,20	
222	10/08/06	11,70	13,20	12,60	15,90	25,10	
223	11/08/06	-0,10	-0,20	-0,10	-0,20	-0,10	
224	12/08/06	11,60	13,00	12,50	15,70	25,00	
225	13/08/06	11,50	12,80	12,40	15,60	25,00	
226	14/08/06	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,20	
227	15/08/06	11,40	12,70	12,30	15,50	24,80	
228	16/08/06	11,30	12,60	12,20	15,40	24,70	
229	17/08/06	-0,10	-0,20	-0,20	-0,10	0,10	
230	18/08/06	11,20	12,40	12,00	15,30	24,80	
231	19/08/06	11,20	12,30	11,80	15,20	24,70	
232	20/08/06	0,00	-0,10	-0,20	-0,20	-0,10	
233	21/08/06	11,20	12,20	11,60	15,00	24,60	
234	22/08/06	11,00	12,00	11,50	14,80	24,50	
235	23/08/06	-0,10	-0,20	-0,10	-0,10	0,10	
236	24/08/06	10,90	11,80	11,40	14,70	24,60	
237	25/08/06						
238	26/08/06	10,70	11,70	11,20	14,60	24,50	
239	27/08/06	-0,20	-0,20	-0,10	-0,20	-0,10	
240	28/08/06	10,50	11,50	11,10	14,40	24,40	
241	29/08/06	10,30	11,40	10,90	14,20	24,20	
242	30/08/06	-0,10	-0,20	-0,10	-0,20	-0,20	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

243	31/08/06	10,20	11,20	10,80	14,00	24,00
244	01/09/06	10,00	11,00	10,70	13,80	23,80
245	02/09/06	-0,20	-0,20	-0,10	-0,10	-0,10
246	03/09/06	9,80	10,80	10,60	13,70	23,70
247	04/09/06	9,70	10,70	10,40	13,60	23,60
248	05/09/06	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10
249	06/09/06	9,60	10,60	10,30	13,50	23,50
250	07/09/06	9,40	10,50	10,20	13,30	23,40
251	08/09/06	-0,20	-0,10	-0,20	-0,10	-0,20
252	09/09/06	9,20	10,40	10,00	13,20	23,20
253	10/09/06					
254	11/09/06					
255	12/09/06	9,00	10,20	9,80	13,10	23,30
256	13/09/06	-0,20	-0,20	-0,10	-0,10	-0,30
257	14/09/06	8,80	10,00	9,70	13,00	23,00
258	15/09/06					
259	16/09/06					
260	17/09/06					
261	18/09/06					
262	19/09/06					
263	20/09/06	8,60	9,80	9,60	12,80	23,20
264	21/09/06	-0,10	-0,20	-0,10	-0,20	-0,20
265	22/09/06	8,50	9,60	9,50	12,60	23,00
	ΑΡΧΙΚΗ	18,60	17,60	18,50	20,80	26,50
	ΤΕΛΙΚΗ	8,50	9,60	9,50	12,60	23,00
	ΔΙΑΦΟΡΑ	-10,10	-8,00	-9,00	-8,20	-3,50
				-38,80		
266	23/09/06					
267	24/09/06					
268	25/09/06					
269	26/09/06					
270	27/09/06					
271	28/09/06					
272	29/09/06					
273	30/09/06					
274	01/10/06					
275	02/10/06					
276	03/10/06					
277	04/10/06					
278	05/10/06					
279	06/10/06					
280	07/10/06					
281	08/10/06					
282	09/10/06					
283	10/10/06					
284	11/10/06					
285	12/10/06					
286	13/10/06					
287	14/10/06					
288	15/10/06					
289	16/10/06					
290	17/10/06					
	ΑΡΧΙΚΗ	18,60	17,60	18,50	20,80	26,50
	ΤΕΛΙΚΗ	8,50	9,60	9,50	12,60	23,00
	ΔΙΑΦΟΡΑ	-10,10	-8,00	-9,00	-8,20	-3,50
	ΣΥΝΟΛΙΚΑ			-38,80		

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΑΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΣΤΑΓΔΗΝ 100% ΕΤm 2005				
		0-15	15-30	30-45	45-60	60-75
	2007					
	08/05/07	20,20	21,20	20,80	25,80	29,40
129	09/05/07	1,60	0,80	0,20	-0,20	-0,20
130	10/05/07	21,80	22,00	21,00	25,60	29,20
131	11/05/07	21,40	21,70	21,50	25,90	29,60
132	12/05/07	1,30	0,70	0,30	-0,50	-0,10
133	13/05/07	22,70	22,40	21,80	25,40	29,50
134	14/05/07					
135	15/05/07					
136	16/05/07					
137	17/05/07					
138	18/05/07	21,20	21,70	21,00	24,80	29,00
139	19/05/07	0,80	0,50	-0,30	-0,50	-0,20
140	20/05/07	22,00	22,20	20,70	24,30	28,80
141	21/05/07					
142	22/05/07					
143	23/05/07					
144	24/05/07					
145	25/05/07					
146	26/05/07					
147	27/05/07					
148	28/05/07					
149	29/05/07					
150	30/05/07					
151	31/05/07					
152	01/06/07					
153	02/06/07					
154	03/06/07	20,40	20,80	19,80	23,00	28,30
155	04/06/07	0,80	0,70	0,20	-0,30	-0,10
156	05/06/07	21,20	21,50	20,00	22,70	28,20
157	06/06/07					
158	07/06/07					
159	08/06/07					
160	09/06/07					
161	10/06/07					
162	11/06/07	20,80	20,90	19,50	22,00	27,60
163	12/06/07	0,80	0,40	0,20	0,00	0,30
164	13/06/07	21,60	21,30	19,70	22,00	27,90
165	14/06/07					
166	15/06/07					
167	16/06/07					
168	17/06/07	20,90	20,60	19,00	21,30	27,30
169	18/06/07	0,90	0,60	-0,20	-0,20	0,20
170	19/06/07	21,80	21,20	18,80	21,10	27,50
171	20/06/07	21,40	20,80	19,40	21,30	27,70
172	21/06/07	1,00	0,50	-0,20	-0,30	-0,10
173	22/06/07	22,40	21,30	19,20	21,00	27,60
174	23/06/07	22,00	21,00	19,80	21,40	28,00
175	24/06/07	0,80	0,40	0,20	-0,20	-0,20
176	25/06/07	22,80	21,40	20,00	21,20	27,80
177	26/06/07	0,90	0,60	0,40	0,50	0,40
178	27/06/07	23,70	22,00	20,40	21,70	28,20
179	28/06/07	23,30	22,30	20,00	21,80	28,00
180	29/06/07	0,80	0,60	-0,30	-0,30	-0,20
181	30/06/07	24,10	22,90	19,70	21,50	27,80
182	01/07/07	23,50	22,40	20,20	21,70	27,90
183	02/07/07	1,00	0,60	-0,40	-0,20	0,10

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΑΕΥΣΗΣ

184	03/07/07	24,50	23,00	19,80	21,50	28,00
185	04/07/07	23,80	22,30	20,30	21,90	28,40
186	05/07/07	0,70	0,40	0,20	-0,40	-0,40
187	06/07/07	24,50	22,70	20,50	21,50	28,00
188	07/07/07	0,80	0,70	0,30	0,20	0,40
189	08/07/07	25,30	23,40	20,80	21,70	28,40
190	09/07/07	24,80	23,00	21,20	22,30	28,50
191	10/07/07	1,00	0,70	-0,20	-0,20	-0,30
192	11/07/07	25,80	23,70	21,00	22,10	28,20
193	12/07/07	25,20	23,20	21,30	22,40	28,50
194	13/07/07	0,80	0,50	-0,50	-0,40	0,00
195	14/07/07	26,00	23,70	20,80	22,00	28,50
196	15/07/07	25,20	23,20	21,30	22,30	28,70
197	16/07/07	0,60	0,50	-0,40	-0,30	-0,20
198	17/07/07	25,80	23,70	20,90	22,00	28,50
199	18/07/07	25,20	23,30	21,20	22,20	28,70
200	19/07/07	0,80	0,60	-0,50	-0,20	-0,40
201	20/07/07	26,00	23,90	20,70	22,00	28,30
202	21/07/07	0,50	0,40	-0,30	-0,30	0,20
203	22/07/07	26,50	24,30	20,40	21,70	28,50
204	23/07/07	25,80	23,80	20,80	22,00	28,90
205	24/07/07	0,60	0,40	0,20	-0,40	-0,10
206	25/07/07	26,40	24,20	21,00	21,60	28,80
207	26/07/07	0,80	0,50	0,20	0,20	0,30
208	27/07/07	27,20	24,70	21,20	21,80	29,10
209	28/07/07	26,50	24,30	20,70	21,30	28,60
210	29/07/07	0,50	0,40	-0,30	-0,50	-0,20
211	30/07/07	27,00	24,70	20,40	20,80	28,40
212	31/07/07	26,30	24,20	20,80	21,20	28,60
213	01/08/07	0,60	0,40	-0,30	-0,40	0,20
214	02/08/07	26,90	24,60	20,50	20,80	28,80
215	03/08/07					
216	04/08/07	25,80	24,00	20,20	20,30	28,30
217	05/08/07	0,60	0,40	-0,40	-0,30	-0,10
218	06/08/07	26,40	24,40	19,80	20,00	28,20
219	07/08/07					
220	08/08/07	25,80	23,80	19,60	19,70	27,90
221	09/08/07	0,70	0,40	-0,30	-0,30	0,30
222	10/08/07	26,50	24,20	19,30	19,40	28,20
223	11/08/07	25,60	23,70	19,70	20,00	28,40
224	12/08/07	0,80	0,50	-0,40	-0,30	0,10
225	13/08/07	26,40	24,20	19,30	19,70	28,50
226	14/08/07	25,40	23,70	19,70	20,10	28,80
227	15/08/07	0,60	0,30	0,10	0,20	0,20
228	16/08/07	26,00	24,00	19,80	20,30	29,00
229	17/08/07	25,30	23,50	20,00	20,10	28,70
230	18/08/07	0,60	0,50	-0,20	-0,30	0,20
231	19/08/07	25,90	24,00	19,80	19,80	28,90
232	20/08/07	25,10	23,40	19,50	19,60	28,60
233	21/08/07	0,70	0,50	-0,20	0,10	0,30
234	22/08/07	25,80	23,90	19,30	19,70	28,90
235	23/08/07	25,20	23,50	19,60	20,30	29,30
236	24/08/07	0,90	0,50	-0,20	-0,10	0,10
237	25/08/07	26,10	24,00	19,40	20,20	29,40
238	26/08/07	25,60	23,60	19,90	20,60	29,20
239	27/08/07	0,90	0,60	0,30	-0,40	-0,20
240	28/08/07	26,50	24,20	20,20	20,20	29,00
241	29/08/07	25,70	23,80	20,50	20,70	29,20
242	30/08/07	0,70	0,50	0,20	-0,20	-0,20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

243	31/08/07	26,40	24,30	20,70	20,50	29,00
244	01/09/07	25,80	24,00	21,00	20,80	28,90
245	02/09/07	0,60	0,60	0,20	-0,30	0,40
246	03/09/07	26,40	24,60	21,20	20,50	29,30
247	04/09/07					
248	05/09/07	25,40	24,00	21,00	20,60	29,00
249	06/09/07	0,90	0,40	-0,30	-0,30	0,30
250	07/09/07	26,30	24,40	20,70	20,30	29,30
251	08/09/07					
252	09/09/07					
253	10/09/07					
254	11/09/07	25,60	23,80	20,30	19,80	28,80
255	12/09/07	0,90	0,50	-0,10	0,20	-0,30
256	13/09/07	26,50	24,30	20,20	20,00	28,50
257	14/09/07					
258	15/09/07					
259	16/09/07	25,70	24,00	19,60	19,80	29,00
260	17/09/07	0,60	0,60	-0,30	0,40	-0,40
261	18/09/07	26,30	24,60	19,30	20,20	28,60
262	19/09/07					
263	20/09/07					
264	21/09/07					
265	22/09/07					
	ΑΡΧΙΚΗ	20,20	21,20	20,80	25,80	29,40
	ΤΕΛΙΚΗ	26,30	24,60	19,30	20,20	28,60
	ΔΙΑΦΟΡΑ	6,10	3,40	-1,50	-5,60	-0,80
				1,60		
266	23/09/07	25,80	24,10	19,70	20,50	28,70
267	24/09/07	0,90	0,60	0,30	-0,30	-0,30
268	25/09/07	26,70	24,70	20,00	20,20	28,40
269	26/09/07					
270	27/09/07					
271	28/09/07					
272	29/09/07					
273	30/09/07					
274	01/10/07					
275	02/10/07					
276	03/10/07					
277	04/10/07					
278	05/10/07					
279	06/10/07					
280	07/10/07					
281	08/10/07					
282	09/10/07					
283	10/10/07					
284	11/10/07					
285	12/10/07					
286	13/10/07					
287	14/10/07					
288	15/10/07					
289	16/10/07					
290	17/10/07					
	ΑΡΧΙΚΗ	20,20	21,20	20,80	25,80	29,40
	ΤΕΛΙΚΗ	26,70	24,70	20,00	20,20	28,40
	ΔΙΑΦΟΡΑ	6,50	3,50	-0,80	-5,60	-1,00
	ΣΥΝΟΛΙΚΑ			2,60		

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΑΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΥΠΟΓΕΙΑ ΣΤΑΓΔΗΝ 80% ΕΤm 2005				
		0-15	15-30	30-45	45-60	60-75
	2007					
	08/05/07	18,60	19,70	18,40	23,80	27,60
129	09/05/07	1,10	0,70	-0,20	-0,20	0,10
130	10/05/07	19,70	20,40	18,20	23,60	27,70
131	11/05/07	19,40	20,10	19,00	24,00	27,90
132	12/05/07	1,30	0,70	0,20	0,30	0,10
133	13/05/07	20,70	20,80	19,20	24,30	28,00
134	14/05/07					
135	15/05/07					
136	16/05/07					
137	17/05/07					
138	18/05/07	19,40	19,80	18,70	24,00	27,70
139	19/05/07	-0,20	-0,30	0,60	0,20	-0,10
140	20/05/07	19,20	19,50	19,30	24,20	27,60
141	21/05/07					
142	22/05/07					
143	23/05/07					
144	24/05/07					
145	25/05/07					
146	26/05/07					
147	27/05/07					
148	28/05/07					
149	29/05/07					
150	30/05/07					
151	31/05/07					
152	01/06/07					
153	02/06/07					
154	03/06/07	17,30	18,20	18,30	23,30	26,70
155	04/06/07	-0,20	0,10	0,70	0,20	-0,20
156	05/06/07	17,10	18,30	19,00	23,50	26,50
157	06/06/07					
158	07/06/07					
159	08/06/07					
160	09/06/07					
161	10/06/07					
162	11/06/07	17,70	17,80	18,40	23,00	26,20
163	12/06/07	-0,20	-0,20	0,80	0,20	0,10
164	13/06/07	17,50	17,60	19,20	23,20	26,30
165	14/06/07					
166	15/06/07					
167	16/06/07					
168	17/06/07	16,70	17,00	18,30	22,60	25,70
169	18/06/07	-0,20	-0,30	0,90	0,20	0,00
170	19/06/07	16,50	16,70	19,20	22,80	25,70
171	20/06/07	17,00	17,30	18,80	23,20	26,10
172	21/06/07	-0,40	-0,30	0,80	0,30	0,30
173	22/06/07	16,60	17,00	19,60	23,50	26,40
174	23/06/07	17,30	17,50	19,30	23,70	26,60
175	24/06/07	-0,40	-0,20	0,90	0,20	0,20
176	25/06/07	16,90	17,30	20,20	23,90	26,80
177	26/06/07	0,30	0,30	0,70	0,60	0,30
178	27/06/07	17,20	17,60	20,90	24,50	27,10
179	28/06/07	17,50	18,00	21,20	24,70	27,40
180	29/06/07	-0,30	-0,20	0,80	0,30	0,10
181	30/06/07	17,20	17,80	22,00	25,00	27,50
182	01/07/07	17,60	18,30	21,50	24,60	27,90
183	02/07/07	-0,60	-0,30	0,70	0,30	-0,20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

184	03/07/07	17,00	18,00	22,20	24,90	27,70
185	04/07/07	17,60	18,30	21,80	24,60	28,00
186	05/07/07	-0,40	-0,30	0,50	0,50	0,30
187	06/07/07	17,20	18,00	22,30	25,10	28,30
188	07/07/07	-0,50	-0,30	0,70	0,40	-0,40
189	08/07/07	16,70	17,70	23,00	25,50	27,90
190	09/07/07	17,30	18,20	23,30	26,10	28,30
191	10/07/07	-0,50	-0,20	0,50	0,30	0,10
192	11/07/07	16,80	18,00	23,80	26,40	28,40
193	12/07/07	17,50	18,70	23,20	26,20	28,30
194	13/07/07	-0,40	-0,40	0,80	0,30	-0,30
195	14/07/07	17,10	18,30	24,00	26,50	28,00
196	15/07/07	17,70	19,00	23,60	26,50	28,30
197	16/07/07	-0,20	-0,30	0,70	0,50	0,40
198	17/07/07	17,50	18,70	24,30	27,00	28,70
199	18/07/07	17,90	19,20	23,80	26,70	28,40
200	19/07/07	-0,50	-0,60	0,50	0,30	-0,20
201	20/07/07	17,40	18,60	24,30	27,00	28,20
202	21/07/07	0,40	0,40	0,40	0,30	-0,20
203	22/07/07	17,80	19,00	24,70	27,30	28,00
204	23/07/07	18,30	19,40	23,40	27,60	28,40
205	24/07/07	-0,40	-0,40	0,80	0,40	0,30
206	25/07/07	17,90	19,00	24,20	28,00	28,70
207	26/07/07	0,40	0,50	1,00	0,40	0,50
208	27/07/07	18,30	19,50	25,20	28,40	29,20
209	28/07/07	18,50	19,80	24,80	28,00	29,30
210	29/07/07	-0,40	-0,40	0,60	0,30	0,10
211	30/07/07	18,10	19,40	25,40	28,30	29,40
212	31/07/07	18,50	19,70	25,00	27,90	29,10
213	01/08/07	-0,50	-0,40	0,70	0,30	0,10
214	02/08/07	18,00	19,30	25,70	28,20	29,20
215	03/08/07					
216	04/08/07	17,60	19,00	25,20	27,80	29,00
217	05/08/07	-0,30	-0,40	0,70	0,20	-0,30
218	06/08/07	17,30	18,60	25,90	28,00	28,70
219	07/08/07					
220	08/08/07	17,40	18,50	25,40	27,60	28,80
221	09/08/07	-0,20	-0,30	0,60	0,20	0,20
222	10/08/07	17,20	18,20	26,00	27,80	29,00
223	11/08/07	17,70	18,60	25,40	27,20	28,80
224	12/08/07	-0,50	-0,60	0,60	0,30	0,20
225	13/08/07	17,20	18,00	26,00	27,50	29,00
226	14/08/07	17,60	18,40	25,50	27,00	28,70
227	15/08/07	-0,60	-0,50	0,70	0,20	-0,20
228	16/08/07	17,00	17,90	26,20	27,20	28,50
229	17/08/07	17,40	18,20	25,60	26,70	28,70
230	18/08/07	-0,40	-0,30	0,80	0,20	0,20
231	19/08/07	17,00	17,90	26,40	26,90	28,90
232	20/08/07	17,60	18,50	25,90	27,00	28,70
233	21/08/07	-0,40	-0,30	0,50	0,20	0,30
234	22/08/07	17,20	18,20	26,40	27,20	29,00
235	23/08/07	17,70	18,60	26,00	26,60	28,70
236	24/08/07	-0,20	-0,30	0,50	0,10	0,20
237	25/08/07	17,50	18,30	26,50	26,70	28,90
238	26/08/07	18,00	18,70	26,20	26,30	28,70
239	27/08/07	-0,40	-0,40	0,60	0,20	0,10
240	28/08/07	17,60	18,30	26,80	26,50	28,80
241	29/08/07	18,00	18,80	26,10	26,20	29,00
242	30/08/07	-0,30	-0,40	0,80	0,40	0,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

243	31/08/07	17,70	18,40	26,90	26,60	29,00
244	01/09/07	18,40	18,80	26,50	26,40	28,70
245	02/09/07	-0,40	-0,50	0,60	0,30	0,20
246	03/09/07	18,00	18,30	27,10	26,70	28,90
247	04/09/07					
248	05/09/07	17,60	17,80	26,50	25,90	28,50
249	06/09/07	-0,30	-0,40	0,50	0,40	0,20
250	07/09/07	17,30	17,40	27,00	26,30	28,70
251	08/09/07					
252	09/09/07					
253	10/09/07					
254	11/09/07	16,40	16,60	25,70	25,40	28,60
255	12/09/07	-0,20	-0,20	0,50	0,30	-0,10
256	13/09/07	16,20	16,40	26,20	25,70	28,50
257	14/09/07					
258	15/09/07					
259	16/09/07	15,90	16,20	25,70	25,40	28,40
260	17/09/07	-0,20	-0,20	0,60	0,40	0,10
261	18/09/07	15,70	16,00	26,30	25,80	28,50
262	19/09/07					
263	20/09/07					
264	21/09/07					
265	22/09/07					
	ΑΡΧΙΚΗ	18,60	19,70	18,40	23,80	27,60
	ΤΕΛΙΚΗ	15,70	16,00	26,30	25,80	28,50
	ΔΙΑΦΟΡΑ	-2,90	-3,70	7,90	2,00	0,90
				4,20		
266	23/09/07	15,00	15,60	25,80	25,30	27,90
267	24/09/07	-0,40	-0,20	0,60	0,20	0,10
268	25/09/07	14,60	15,40	26,40	25,50	28,00
269	26/09/07					
270	27/09/07					
271	28/09/07					
272	29/09/07					
273	30/09/07					
274	01/10/07					
275	02/10/07					
276	03/10/07					
277	04/10/07					
278	05/10/07					
279	06/10/07					
280	07/10/07					
281	08/10/07					
282	09/10/07					
283	10/10/07					
284	11/10/07					
285	12/10/07					
286	13/10/07					
287	14/10/07					
288	15/10/07					
289	16/10/07					
290	17/10/07					
	ΑΡΧΙΚΗ	18,60	19,70	18,40	23,80	27,60
	ΤΕΛΙΚΗ	14,60	15,40	26,40	25,50	28,00
	ΔΙΑΦΟΡΑ	-4,00	-4,30	8,00	1,70	0,40
	ΣΥΝΟΛΙΚΑ			1,80		

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΑΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΣΤΑΓΔΗΝ 80% ΕΤm 2005				
		0-15	15-30	30-45	45-60	60-75
	2007					
	08/05/07	18,20	18,00	19,30	24,70	27,70
129	09/05/07	1,30	0,60	-0,20	-0,30	-0,10
130	10/05/07	19,50	18,60	19,10	24,40	27,60
131	11/05/07	19,30	18,90	19,80	25,00	27,90
132	12/05/07	1,20	0,60	0,20	-0,30	-0,10
133	13/05/07	20,50	19,50	20,00	24,70	27,80
134	14/05/07					
135	15/05/07					
136	16/05/07					
137	17/05/07					
138	18/05/07	19,60	18,80	19,30	24,20	27,40
139	19/05/07	0,90	0,50	0,10	-0,40	0,00
140	20/05/07	20,50	19,30	19,40	23,80	27,40
141	21/05/07					
142	22/05/07					
143	23/05/07					
144	24/05/07					
145	25/05/07					
146	26/05/07					
147	27/05/07					
148	28/05/07					
149	29/05/07					
150	30/05/07					
151	31/05/07					
152	01/06/07					
153	02/06/07					
154	03/06/07	19,20	17,60	17,80	23,40	26,60
155	04/06/07	0,80	0,60	-0,30	-0,20	-0,10
156	05/06/07	20,00	18,20	17,50	23,20	26,50
157	06/06/07					
158	07/06/07					
159	08/06/07					
160	09/06/07					
161	10/06/07					
162	11/06/07	18,20	17,40	16,80	22,90	26,00
163	12/06/07	0,80	0,40	-0,10	-0,30	0,20
164	13/06/07	19,00	17,80	16,70	22,60	26,20
165	14/06/07					
166	15/06/07					
167	16/06/07					
168	17/06/07	17,80	17,00	15,70	21,60	25,70
169	18/06/07	0,90	0,40	-0,20	-0,10	-0,20
170	19/06/07	18,70	17,40	15,50	21,50	25,50
171	20/06/07	18,40	17,00	15,90	21,80	25,60
172	21/06/07	1,00	0,30	-0,30	-0,20	0,20
173	22/06/07	19,40	17,30	15,60	21,60	25,80
174	23/06/07	18,80	17,10	16,20	21,90	26,00
175	24/06/07	0,80	0,40	-0,40	-0,30	-0,20
176	25/06/07	19,60	17,50	15,80	21,60	25,80
177	26/06/07	0,70	0,40	-0,30	-0,30	0,40
178	27/06/07	20,30	17,90	15,50	21,30	26,20
179	28/06/07	19,70	17,60	16,20	21,80	26,00
180	29/06/07	0,80	0,40	-0,20	-0,20	0,10
181	30/06/07	20,50	18,00	16,00	21,60	26,10
182	01/07/07	19,80	17,70	16,70	21,90	26,40
183	02/07/07	0,70	0,40	-0,30	-0,30	-0,20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΑΕΥΣΗΣ

184	03/07/07	20,50	18,10	16,40	21,60	26,20
185	04/07/07	20,00	17,70	17,20	22,00	26,30
186	05/07/07	0,70	0,30	-0,50	-0,40	-0,10
187	06/07/07	20,70	18,00	16,70	21,60	26,20
188	07/07/07	0,60	0,40	0,30	0,20	0,30
189	08/07/07	21,30	18,40	17,00	21,80	26,50
190	09/07/07	20,80	18,10	17,40	22,20	26,70
191	10/07/07	0,80	0,30	-0,30	-0,20	-0,20
192	11/07/07	21,60	18,40	17,10	22,00	26,50
193	12/07/07	21,20	18,00	17,70	22,30	26,60
194	13/07/07	0,70	0,40	-0,40	-0,20	-0,20
195	14/07/07	21,90	18,40	17,30	22,10	26,40
196	15/07/07	21,30	17,90	17,80	22,40	26,60
197	16/07/07	0,60	0,40	-0,30	-0,20	-0,10
198	17/07/07	21,90	18,30	17,50	22,20	26,50
199	18/07/07	21,30	18,00	17,90	22,30	26,50
200	19/07/07	0,70	0,40	-0,30	-0,30	-0,20
201	20/07/07	22,00	18,40	17,60	22,00	26,30
202	21/07/07	0,70	0,60	0,10	-0,20	0,20
203	22/07/07	22,70	19,00	17,70	21,80	26,50
204	23/07/07	22,30	18,70	18,20	22,00	26,60
205	24/07/07	0,50	0,50	-0,40	-0,20	0,20
206	25/07/07	22,80	19,20	17,80	21,80	26,80
207	26/07/07	0,40	0,30	0,20	-0,10	-0,20
208	27/07/07	23,20	19,50	18,00	21,70	26,60
209	28/07/07	22,80	19,30	18,30	22,20	26,70
210	29/07/07	0,60	0,40	-0,40	-0,40	-0,10
211	30/07/07	23,40	19,70	17,90	21,80	26,60
212	31/07/07	23,00	20,00	17,60	21,60	26,80
213	01/08/07	0,50	0,30	-0,20	-0,30	-0,20
214	02/08/07	23,50	20,30	17,40	21,30	26,60
215	03/08/07					
216	04/08/07	22,60	19,70	17,00	20,90	26,50
217	05/08/07	0,60	0,50	-0,20	-0,30	-0,10
218	06/08/07	23,20	20,20	16,80	20,60	26,40
219	07/08/07					
220	08/08/07	22,60	19,60	16,50	20,40	26,20
221	09/08/07	0,60	0,40	0,20	-0,20	-0,20
222	10/08/07	23,20	20,00	16,70	20,20	26,00
223	11/08/07	22,60	19,50	17,00	20,50	26,20
224	12/08/07	0,80	0,50	-0,30	-0,20	0,10
225	13/08/07	23,40	20,00	16,70	20,30	26,30
226	14/08/07	22,70	19,50	17,20	20,40	26,50
227	15/08/07	0,70	0,50	-0,20	-0,10	-0,30
228	16/08/07	23,40	20,00	17,00	20,30	26,20
229	17/08/07	22,90	19,40	17,60	20,60	26,40
230	18/08/07	0,60	0,30	-0,20	-0,40	0,10
231	19/08/07	23,50	19,70	17,40	20,20	26,50
232	20/08/07	22,80	19,20	17,80	20,50	26,70
233	21/08/07	0,70	0,40	-0,50	-0,10	-0,30
234	22/08/07	23,50	19,60	17,30	20,40	26,40
235	23/08/07	23,00	19,00	17,80	20,70	26,50
236	24/08/07	0,60	0,40	-0,40	-0,20	0,20
237	25/08/07	23,60	19,40	17,40	20,50	26,70
238	26/08/07	23,20	18,90	17,90	20,70	26,50
239	27/08/07	0,50	0,40	-0,50	-0,20	-0,10
240	28/08/07	23,70	19,30	17,40	20,50	26,40
241	29/08/07	23,30	18,80	17,90	21,00	26,70
242	30/08/07	0,80	0,40	-0,30	-0,60	-0,20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

243	31/08/07	24,10	19,20	17,60	20,40	26,50
244	01/09/07	23,50	18,60	17,80	20,70	26,70
245	02/09/07	0,70	0,30	-0,40	-0,40	-0,30
246	03/09/07	24,20	18,90	17,40	20,30	26,40
247	04/09/07					
248	05/09/07	23,50	19,40	17,50	20,10	26,20
249	06/09/07	0,50	0,20	-0,20	-0,40	-0,20
250	07/09/07	24,00	19,60	17,30	19,70	26,00
251	08/09/07					
252	09/09/07					
253	10/09/07					
254	11/09/07	22,70	19,00	16,80	19,40	25,60
255	12/09/07	0,60	0,40	-0,30	-0,20	-0,20
256	13/09/07	23,30	19,40	16,50	19,20	25,40
257	14/09/07					
258	15/09/07					
259	16/09/07	22,40	18,70	16,10	18,80	25,20
260	17/09/07	0,60	0,30	-0,10	-0,20	-0,20
261	18/09/07	23,00	19,00	16,00	18,60	25,00
262	19/09/07					
263	20/09/07					
264	21/09/07					
265	22/09/07					
	ΑΡΧΙΚΗ	18,20	18,00	19,30	24,70	27,70
	ΤΕΛΙΚΗ	23,00	19,00	16,00	18,60	25,00
	ΔΙΑΦΟΡΑ	4,80	1,00	-3,30	-6,10	-2,70
				-6,30		
266	23/09/07	21,60	18,00	15,60	17,80	24,30
267	24/09/07	0,70	0,30	-0,10	-0,20	-0,10
268	25/09/07	22,30	18,30	15,50	17,60	24,20
269	26/09/07					
270	27/09/07					
271	28/09/07					
272	29/09/07					
273	30/09/07					
274	01/10/07					
275	02/10/07					
276	03/10/07					
277	04/10/07					
278	05/10/07					
279	06/10/07					
280	07/10/07					
281	08/10/07					
282	09/10/07					
283	10/10/07					
284	11/10/07					
285	12/10/07					
286	13/10/07					
287	14/10/07					
288	15/10/07					
289	16/10/07					
290	17/10/07					
	ΑΡΧΙΚΗ	18,20	18,00	19,30	24,70	27,70
	ΤΕΛΙΚΗ	22,30	18,30	15,50	17,60	24,20
	ΔΙΑΦΟΡΑ	4,10	0,30	-3,80	-7,10	-3,50
	ΣΥΝΟΛΙΚΑ			-10,00		

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΗΜΕΡΕΣ (d)	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΜΑΡΤΥΡΑΣ 0% ETm 2005				
		0-15	15-30	30-45	45-60	60-75
	2007					
	08/05/07	16,70	18,60	19,40	24,70	27,90
129	09/05/07	1,30	0,40	-0,20	-0,10	-0,20
130	10/05/07	18,00	19,00	19,20	24,60	27,70
131	11/05/07	17,70	18,80	19,80	25,00	28,00
132	12/05/07	1,30	0,70	0,40	0,00	-0,20
133	13/05/07	19,00	19,50	20,20	25,00	27,80
134	14/05/07					
135	15/05/07					
136	16/05/07					
137	17/05/07					
138	18/05/07	18,80	19,30	20,00	24,80	27,70
139	19/05/07	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,10
140	20/05/07	18,60	19,10	19,80	24,60	27,60
141	21/05/07					
142	22/05/07					
143	23/05/07					
144	24/05/07					
145	25/05/07					
146	26/05/07					
147	27/05/07					
148	28/05/07					
149	29/05/07					
150	30/05/07					
151	31/05/07					
152	01/06/07					
153	02/06/07					
154	03/06/07	17,40	18,30	18,80	23,70	26,30
155	04/06/07	-0,20	-0,10	-0,20	-0,10	-0,10
156	05/06/07	17,20	18,20	18,60	23,60	26,20
157	06/06/07					
158	07/06/07					
159	08/06/07					
160	09/06/07					
161	10/06/07					
162	11/06/07	16,40	17,50	18,20	23,00	25,40
163	12/06/07	-0,20	-0,10	-0,20	-0,20	-0,10
164	13/06/07	16,20	17,40	18,00	22,80	25,30
165	14/06/07					
166	15/06/07					
167	16/06/07					
168	17/06/07	15,80	17,20	17,70	22,60	25,30
169	18/06/07	-0,20	-0,10	-0,10	-0,20	-0,10
170	19/06/07	15,60	17,10	17,60	22,40	25,20
171	20/06/07	15,50	16,80	17,50	22,30	25,10
172	21/06/07	-0,20	-0,10	-0,20	-0,10	-0,10
173	22/06/07	15,30	16,70	17,30	22,20	25,00
174	23/06/07	15,10	16,50	17,20	22,00	24,80
175	24/06/07	-0,10	-0,10	-0,10	-0,20	-0,10
176	25/06/07	15,00	16,40	17,10	21,80	24,70
177	26/06/07	-0,20	-0,10	-0,10	-0,20	-0,10
178	27/06/07	14,80	16,30	17,00	21,60	24,60
179	28/06/07	14,60	16,10	16,90	21,40	24,50
180	29/06/07	-0,20	-0,10	-0,10	0,00	-0,10
181	30/06/07	14,40	16,00	16,80	21,40	24,40
182	01/07/07	14,20	15,80	16,60	21,30	24,30
183	02/07/07	-0,20	-0,20	-0,10	-0,10	0,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΑΕΥΣΗΣ

184	03/07/07	14,00	15,60	16,50	21,20	24,30
185	04/07/07	13,80	15,40	16,30	21,00	24,20
186	05/07/07	-0,30	-0,10	-0,10	-0,20	-0,10
187	06/07/07	13,50	15,30	16,20	20,80	24,10
188	07/07/07	-0,30	-0,10	-0,10	0,00	-0,10
189	08/07/07	13,20	15,20	16,10	20,80	24,00
190	09/07/07	13,10	15,10	16,00	20,70	23,90
191	10/07/07	-0,20	-0,10	-0,20	-0,10	-0,10
192	11/07/07	12,90	15,00	15,80	20,60	23,80
193	12/07/07	12,70	14,80	15,60	20,50	23,70
194	13/07/07	-0,20	-0,20	-0,10	-0,10	-0,10
195	14/07/07	12,50	14,60	15,50	20,40	23,60
196	15/07/07	12,30	14,40	15,30	20,20	23,50
197	16/07/07	-0,30	-0,20	-0,10	-0,20	-0,10
198	17/07/07	12,00	14,20	15,20	20,00	23,40
199	18/07/07	11,90	14,10	15,00	19,80	23,30
200	19/07/07	-0,20	-0,10	-0,20	-0,10	-0,10
201	20/07/07	11,70	14,00	14,80	19,70	23,20
202	21/07/07	-0,20	-0,20	-0,10	-0,10	0,00
203	22/07/07	11,50	13,80	14,70	19,60	23,20
204	23/07/07	11,30	13,60	14,60	19,50	23,10
205	24/07/07	-0,30	-0,20	-0,20	-0,10	-0,10
206	25/07/07	11,00	13,40	14,40	19,40	23,00
207	26/07/07	-0,20	-0,20	-0,10	-0,10	-0,20
208	27/07/07	10,80	13,20	14,30	19,30	22,80
209	28/07/07	10,60	13,00	14,10	19,20	22,70
210	29/07/07	-0,20	-0,30	-0,10	-0,20	-0,10
211	30/07/07	10,40	12,70	14,00	19,00	22,60
212	31/07/07	10,30	12,60	13,90	18,80	22,50
213	01/08/07	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10
214	02/08/07	10,20	12,50	13,80	18,70	22,40
215	03/08/07					
216	04/08/07	10,00	12,40	13,60	18,60	22,20
217	05/08/07	0,20	0,00	-0,10	-0,10	0,00
218	06/08/07	10,20	12,40	13,50	18,50	22,20
219	07/08/07					
220	08/08/07	10,00	12,40	13,40	18,50	22,10
221	09/08/07	-0,10	-0,10	-0,20	-0,10	-0,10
222	10/08/07	9,90	12,30	13,20	18,40	22,00
223	11/08/07	9,80	12,20	13,10	18,30	22,00
224	12/08/07	-0,10	-0,20	-0,10	-0,10	-0,20
225	13/08/07	9,70	12,00	13,00	18,20	21,80
226	14/08/07	9,60	11,80	12,90	18,00	21,80
227	15/08/07	0,00	-0,10	-0,10	-0,20	-0,10
228	16/08/07	9,60	11,70	12,80	17,80	21,70
229	17/08/07	9,50	11,60	12,70	17,70	21,60
230	18/08/07	-0,10	-0,10	-0,10	-0,20	-0,10
231	19/08/07	9,40	11,50	12,60	17,50	21,50
232	20/08/07	9,30	11,40	12,40	17,40	21,30
233	21/08/07	-0,10	-0,20	-0,20	-0,10	-0,10
234	22/08/07	9,20	11,20	12,20	17,30	21,20
235	23/08/07	9,00	11,10	12,00	17,20	21,00
236	24/08/07	-0,20	-0,10	-0,20	-0,20	-0,10
237	25/08/07	8,80	11,00	11,80	17,00	20,90
238	26/08/07	8,70	10,80	11,60	16,80	20,80
239	27/08/07	-0,10	-0,20	-0,10	-0,10	-0,10
240	28/08/07	8,60	10,60	11,50	16,70	20,70
241	29/08/07	8,50	10,50	11,30	16,50	20,60
242	30/08/07	-0,10	-0,10	-0,10	-0,20	-0,10

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

243	31/08/07	8,40	10,40	11,20	16,30	20,50
244	01/09/07	8,20	10,20	11,00	16,20	20,40
245	02/09/07	-0,10	-0,20	-0,20	-0,20	-0,10
246	03/09/07	8,10	10,00	10,80	16,00	20,30
247	04/09/07					
248	05/09/07	7,90	9,80	10,60	15,70	20,00
249	06/09/07	-0,20	-0,20	-0,10	-0,10	-0,20
250	07/09/07	7,70	9,60	10,50	15,60	19,80
251	08/09/07					
252	09/09/07					
253	10/09/07					
254	11/09/07	7,30	9,20	10,00	15,30	19,70
255	12/09/07	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30
256	13/09/07	7,00	8,90	9,70	15,00	19,40
257	14/09/07					
258	15/09/07					
259	16/09/07	6,80	8,60	9,50	14,60	19,00
260	17/09/07	-0,20	-0,20	-0,30	-0,40	-0,30
261	18/09/07	6,60	8,40	9,20	14,20	18,70
262	19/09/07					
263	20/09/07					
264	21/09/07					
265	22/09/07					
	ΑΡΧΙΚΗ	16,70	18,60	19,40	24,70	27,90
	ΤΕΛΙΚΗ	6,60	8,40	9,20	14,20	18,70
	ΔΙΑΦΟΡΑ	-10,10	-10,20	-10,20	-10,50	-9,20
				-50,20		
266	23/09/07	6,20	8,00	8,70	13,70	18,40
267	24/09/07	-0,20	-0,30	-0,20	-0,20	-0,10
268	25/09/07	6,00	7,70	8,50	13,50	18,30
269	26/09/07					
270	27/09/07					
271	28/09/07					
272	29/09/07					
273	30/09/07					
274	01/10/07					
275	02/10/07					
276	03/10/07					
277	04/10/07					
278	05/10/07					
279	06/10/07					
280	07/10/07					
281	08/10/07					
282	09/10/07					
283	10/10/07					
284	11/10/07					
285	12/10/07					
286	13/10/07					
287	14/10/07					
288	15/10/07					
289	16/10/07					
290	17/10/07					
	ΑΡΧΙΚΗ	16,70	18,60	19,40	24,70	27,90
	ΤΕΛΙΚΗ	6,00	7,70	8,50	13,50	18,30
	ΔΙΑΦΟΡΑ	-10,70	-10,90	-10,90	-11,20	-9,60
	ΣΥΝΟΛΙΚΑ			-53,30		

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ





