

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΖΩΙΚΗΣ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ & ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
Αριθ. Πρωτοκ. 27
Ημερομηνία 85-8-1995

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΑΠΟ
ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ
ΝΟΑΑ / AVHRR
ΣΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

ΚΩΣΤΑΣ Δ. ΖΑΡΠΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΝΙΚΟΛΑΟΣ Ρ. ΔΑΛΕΖΙΟΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΒΟΛΟΣ, ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 1995



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 1724/1

Ημερ. Εισ.: 22-10-2003

Δωρεά:

Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ ΓΦΖΠ

1995

ZAP

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000070358

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο καιρός και το κλίμα αποτελούν δύο καθοριστικούς παράγοντες στην ανάπτυξη των φυτών και ιδιαίτερα αυτών των γεωργικών καλλιεργειών. Οι μετεωρολογικοί παράγοντες, που εμπλέκονται στη διαμόρφωση του μικροκλίματος μίας περιοχής προσδιορίζουν χρονικά καθοριστικές φυσιολογικές διεργασίες των φυτών, που από τη φύση τους διακρίνονται μεταξύ τους και καλούνται φαινολογικά στάδια. Επιπρόσθετα, οι νέες δορυφορικές τεχνολογίες και η δορυφορική τηλεπισκόπηση προσφέρουν πολύ σημαντικές δυνατότητες παρακολούθησης της γεωργικής παραγωγής και επιτρέπουν την ανάπτυξη συσχετίσεων αυτής με τη διαχρονική μεταβολή διαφόρων μετεωρολογικών δεικτών και παραμέτρων. Στην εργασία αυτή πραγματοποιείται μία πρώτη διερεύνηση, ανάλυση και ανάπτυξη σχέσεων και συσχετίσεων μεταξύ του δορυφορικού δείκτη NDVI (δείκτης βλάστησης), διαφόρων μετεωρολογικών δεικτών και παραμέτρων και των φαινολογικών σταδίων διαφόρων αροτριάων καλλιεργειών της Θεσσαλίας για την καλλιεργητική περίοδο 1994. Η εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Αγρομετεωρολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας από το φοιτητή Κώστα Δ. Ζάρπα στα πλαίσια της πτυχιακής διατριβής για το πτυχίο του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής και Ζωικής Παραγωγής.

Κρίνεται απαραίτητο να εκφραστούν ευχαριστίες στον υπεύθυνο επιβλέποντα Καθηγητή κ. Ν. Ρ. Δαλέζιο για τη διαρκή καθοδήγηση και παροχή γνώσεων και πολύτιμων συμβουλών για την ολοκλήρωση της εργασίας αυτής.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλονται στον κ. Ε. Μυγδάκο για την ευγενική προσφορά των στοιχείων άρδευσης και φαινολογίας των βαμβακοκαλλιεργειών του νομού Καρδίτσας για την καλλιεργητική περίοδο 1994.

Επίσης, ευχαριστίες εκφράζονται σε όλο το επιστημονικό προσωπικό του Εργαστηρίου Αγρομετεωρολογίας και ιδιαίτερα στη συμφοιτήτριά μου Ι. Τζανετοπούλου για την πολύτιμη βοήθειά της στον υπολογισμό των μετεωρολογικών δεικτών.

Τέλος, η εργασία αυτή αφιερώνεται στην οικογένειά μου για την ουσιαστική ηθική και πρακτική συμπαράσταση, που μου πρόσφερε σε όλα τα στάδια της πραγματοποίησής της.

Βόλος, Αύγουστος 1995

Κώστας Δ. Ζάρπας

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΝΙΚΟΛΑΟΣ Ρ. ΔΑΛΕΖΙΟΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**ΜΕΛΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ : Μ. ΣΑΛΕΛΛΑΡΙΟΥ-ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΡΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ**

**Κ. ΚΙΤΤΑΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σελίδα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ

ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....4

2.1 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....4

2.2 Βάση Δεδομένων.....10

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Ο ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ (NDVI).....19

3.1 Οι Δορυφόροι NOAA / AVHRR.....22

3.2 Χρήσεις και Εφαρμογές του NDVI
από NOAA / AVHRR.....26

3.3 Επεξεργασία Δεδομένων.....31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ

ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ.....39

4.1 Καλλιέργειες Βαμβακιού.....39

4.2 Καλλιέργειες Αμπέλου.....51

4.3 Καλλιέργειες Μήλων.....61

4.4 Περιοχές με Σύνθετη Βλάστηση.....69

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....78

5.1 Συμπεράσματα.....78

5.2 Προτάσεις.....80

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....81

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Π1. Λίστα Εικόνων Δείκτη Βλάστησης (NDVI)

Π2. Μεθοδολογία Επεξεργασίας Πρωτογενών Εικόνων NOAA /AVHRR

Π3. Λίστα Πρωτογενών Εικόνων NOAA / AVHRR και

Τεχνικά Χαρακτηριστικά Περιβαλλοντικών Δορυφόρων

Π4. Διαγράμματα Συμμεταβολής Βαμβακιού

Π5. Διαγράμματα Συμμεταβολής Αμπέλου

Π6. Διαγράμματα Συμμεταβολής Μήλων

Π7. Διαγράμματα Συμμεταβολής Σύνθετης Βλάστησης

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

	Σελίδα
Πίνακας 2.1: Γεωγραφικές Συντεταγμένες των 9 Αυτόματων Μετεωρολογικών Σταθμών της Θεσσαλίας_____	11
Πίνακας 2.2: Οι κύριες καλλιέργειες γύρω από τις θέσεις των μετεωρολογικών σταθμών_____	12
Πίνακας 2.3: Τυπική Μορφή αρχείου δεδομένων για τον αυτόματο Μετεωρολογικό Σταθμό του Βελεστίνου_____	17

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Πίνακας 3.1: Ενδιαφέρουσες φασματικές περιοχές σε σχέση με πολύ σημαντικές φυσιολογικές διεργασίες των φυτικών κυττάρων_____	21
Πίνακας 3.2: Ενδεικτικές τιμές δείκτη βλάστησης σε διάφορες μορφές κάλυψης εδάφους_____	22
Πίνακας 3.3: Καταγραφή των εκτοξεύσεων των δορυφόρων NOAA / AVHRR_____	23
Πίνακας 3.4: Τεχνικά χαρακτηριστικά των δορυφόρων NOAA / AVHRR_____	25
Πίνακας 3.5: Τυπική Μορφή Αρχείου Μετεωρολογικών Παραμέτρων Σταθμού Καρδίτσας_____	34

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Πίνακας 4.1: Στοιχεία Καλλιέργειας Βαμβακιού στο Νομό Καρδίτσας για την Περίοδο 1994 (Κέντρο Έρευνας Βαμβακιού Παλαμά)_____	40
Πίνακας 4.2: Αθροιστική Βροχόπτωση Δεκαημέρων Αυτόματων Σταθμών Θεσσαλίας_____	43
Πίνακας 4.3: Εκτιμώμενες Μεταβλητές Καλλιέργειας Βαμβακιού Σταθμού Καρδίτσας_____	47
Πίνακας 4.4: Εκτιμώμενες Μεταβλητές Καλλιέργειας Βαμβακιού Σταθμού Παλαμά_____	49
Πίνακας 4.5: Εκτιμώμενες Μεταβλητές Καλλιέργειας Αμπελιού Σταθμού Τυρνάβου_____	53

Πίνακας 4.6: Εκτιμώμενες Μεταβλητές Καλλιέργειας Αμπελιού Σταθμού Τσαριτσάνης	55
Πίνακας 4.7: Κυριότερα Φαινολογικά Στάδια Καλλιέργειας Αμπέλου Σταθμού Τυρνάβου και Τσαριτσάνης (εκτιμήσεις από μία σειρά ετών)	52
Πίνακας 4.8: Κυριότερα Φαινολογικά Στάδια Καλλιέργειας Μήλων Σταθμού Αγιάς (Ομάδα Ποικιλιών Delicious)	61
Πίνακας 4.9: Κυριότερα Φαινολογικά Στάδια Καλλιέργειας Μήλων Σταθμού Καλαμπάκας (Κυριαρχούσα Ποικιλία: Granny Smith, πράσινα μήλα)	62
Πίνακας 4.10: Εκτιμώμενες Μεταβλητές Καλλιέργειας Μήλων Σταθμού Αγιάς	63
Πίνακας 4.11: Εκτιμώμενες Μεταβλητές Καλλιέργειας Μήλων Σταθμού Καλαμπάκας	64
Πίνακας 4.12: Εκτιμώμενες Μεταβλητές Σταθμού Ζαγοράς	72
Πίνακας 4.13: Εκτιμώμενες Μεταβλητές Σταθμού Βελεστίνου	73
Πίνακας 4.14: Εκτιμώμενες Μεταβλητές Σταθμού Νέας Αγχιάλου	74

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Σελίδα

Σχήμα 4.1: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αθροιστικής Βροχόπτωσης Σταθμού Καρδίτσας για Καλλιέργεια Βαμβακιού 1994	42
Σχήμα 4.2: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Θερμικής Μονάδας Σταθμού Καρδίτσας για Καλλιέργεια Βαμβακιού 1994	45
Σχήμα 4.3: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αθροιστικής Βροχόπτωσης Σταθμού Παλαμά για Καλλιέργεια Βαμβακιού 1994	48
Σχήμα 4.4: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Θερμικής Μονάδας Σταθμού Παλαμά για Καλλιέργεια Βαμβακιού 1994	50
Σχήμα 4.5: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αθροιστικής Βροχόπτωσης Σταθμού Τυρνάβου για Καλλιέργεια Αμπελιού 1994	54
Σχήμα 4.6: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Θερμικής Μονάδας Σταθμού Τυρνάβου για Καλλιέργεια Αμπελιού 1994	56
Σχήμα 4.7: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Κοροπληρώματος Σταθμού Τυρνάβου για Καλλιέργεια Αμπελιού 1994	57
Σχήμα 4.8: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αθροιστικής Βροχόπτωσης Σταθμού Τσαριτσάνης για Καλλιέργεια Αμπελιού 1994	58
Σχήμα 4.9: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Θερμικής Μονάδας Σταθμού Τσαριτσάνης για Καλλιέργεια Αμπελιού 1994	59
Σχήμα 4.10: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Κοροπληρώματος Σταθμού Τσαριτσάνης για Καλλιέργεια Αμπελιού 1994	60
Σχήμα 4.11: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αθροιστικής Βροχόπτωσης Σταθμού Αγιάς για Καλλιέργεια Μήλων 1994	65
Σχήμα 4.12: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αθροιστικής Βροχόπτωσης Σταθμού Καλαμπάκας για Καλλιέργεια Μήλων 1994	66
Σχήμα 4.13: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Θερμικής Μονάδας Σταθμού Αγιάς για Καλλιέργεια Μήλων 1994	67

Σχήμα 4.14: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Θερμικής Μονάδας Σταθμού Καλαμπάκας για Καλλιέργεια Μήλων 1994	68
Σχήμα 4.15: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αθροιστικής Βροχόπτωσης Σταθμού Ζαγοράς για το 1994	75
Σχήμα 4.16: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Θερμικής Μονάδας Σταθμού Βελεστίνου για το 1994	76
Σχήμα 4.17: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Κοροπληρώματος Σταθμού Νέας Αγχιάλου για το 1994	77

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο καιρός και το κλίμα αποτελούν αναμφισβήτητα δύο από τους πιο καθοριστικούς παράγοντες στην εξέλιξη και απόδοση της γεωργικής παραγωγής. Το μικροκλίμα κάθε αγροοικουστήματος επιδρά σημαντικά στην ανάπτυξη των φυτών, στα επιμέρους φαινολογικά στάδιά τους, καθώς και στην παραγωγή βιομάζας στο τέλος μίας καλλιεργητικής περιόδου. Οι μετεωρολογικοί παράγοντες, που εμπλέκονται στη διαμόρφωση του μικροκλίματος μίας περιοχής προσδιορίζουν χρονικά καθοριστικές φυσιολογικές διεργασίες του βλαστικού κύκλου των φυτών των αροτριάων κυρίως καλλιεργειών, όπως έναρξη φυτρώματος, βλαστική και αναπαραγωγική ανάπτυξη, ωρίμανση, καθώς και περίοδο συγκομιδής [3,7]. Η σημασία της επίδρασης των μετεωρολογικών παραμέτρων με κανονικές ή ακραίες τιμές στην πορεία των καλλιεργειών καθώς και των ακραίων μετεωρολογικών φαινομένων είναι εμφανής στην Ελλάδα. Συγκεκριμένα η Ελλάδα διαθέτει ημίξηρο κλίμα και ιδιαίτερη μορφολογία των αροτριάων καλλιεργειών, οι οποίες είναι διαμορφωμένες και αναπτύσσονται σε μικρές σχετικά εκτάσεις. Επιπλέον, οι νέες τεχνολογίες και ιδιαίτερα ο κλάδος της δορυφορικής τηλεπισκόπησης, διανύουν περίοδο, που χαρακτηρίζεται ήδη από επιχειρησιακές εφαρμογές στην παρακολούθηση της γεωργικής παραγωγής. Έτσι, μπορούν να συμβάλουν στις σημαντικές δυνατότητες της αγρομετεωρολογικής έρευνας σε συνδυασμό με τηλεπισκόπηση και επίγειες ή συμβατικές μετεωρολογικές παραμέτρους [44].

Η δορυφορική τηλεπισκόπηση είναι γνωστή από τη δεκαετία του '70 και οι εφαρμογές της στη γεωργία γνώρισαν σημαντικές προόδους ήδη από τη δεκαετία του '70 [11,13,29]. Η παρακολούθηση της επίγειας βλάστησης από το διάστημα έχει μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον και εξαιρετική σπουδαιότητα για τη μελέτη της εξελικτικής συμπεριφοράς της και ιδίως όταν αυτή καλύπτει πολύ μεγάλες και δυσπρόσιτες εκτάσεις, οπότε η τηλεπισκόπηση αποτελεί, αν όχι το μοναδικό, σίγουρα ένα από τα σημαντικότερα μέσα στην υπηρεσία των ερευνητών για τον σκοπό αυτό. Από τους πρώτους περιβαλλοντικούς δορυφόρους, που χρησιμοποιήθηκαν σε μελέτες χρήσεων γης και σε γεωργικές εφαρμογές ήταν ο LANDSAT [29], που ανήκει στην κατηγορία των περιβαλλοντικών δορυφόρων, καθώς και ο NOAA, που ανήκει στην κατηγορία των μετεωρολογικών δορυφόρων.

Οι δορυφόροι NOAA προσφέρουν μεγάλη συχνότητα επανεμφάνισης και μεγάλη έκταση κάλυψης εδάφους. Υστερούν, βέβαια, σε χωρική ευκρίνεια σε σχέση με αυτή των LANDSAT, διότι διαθέτουν μεγάλη μοναδιαία επιφάνεια (pixel: picture element) περίπου ίση με $1 \times 1 \text{ χλμ}^2$ [13,29,44], αλλά τα δύο πιο πάνω πλεονεκτήματα τους καθιστούν πολύ σημαντικούς στον τομέα των εφαρμογών για επιχειρησιακούς σκοπούς και ειδικότερα στον τομέα της παρακολούθησης της αγροτικής παραγωγής και των φυσικών κινδύνων και καταστροφών στη γεωργία [9,10,13].

Μία από τις κυριότερες γεωργικές εφαρμογές των μετεωρολογικών δορυφόρων είναι εκείνη, που αφορά στην παρακολούθηση της διαχρονικής εξέλιξης του βιολογικού κύκλου φυτών αροτριάων ή μη καλλιεργειών και ιδιαίτερα στην εκτίμηση της τελικής παραγωγής μέσω εκτίμησης βιομάζας [44]. Ο σπουδαιότερος δείκτης, που εξάγεται από δορυφορικά δεδομένα και εκτιμά την πυκνότητα της χλωροφύλλης και την ένταση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας στα φύλλα των φυτών είναι ο **δείκτης βλάστησης (NDVI)** [11,21,44]. Στην πλειοψηφία των επιστημονικών μελετών μέχρι σήμερα και εξαιτίας των πλεονεκτημάτων, που παρουσιάζουν οι δορυφορικές εικόνες NOAA, όπως προαναφέρθηκε, ο δείκτης βλάστησης εκτιμάται κατά κόρον από ψηφιακές εικόνες **NOAA / AVHRR**. Ως μέσο εξαγωγής του δείκτη χρησιμοποιείται η πληροφορία των φασματικών περιοχών 1 (ορατό κανάλι) και 2 (κοντινό υπέρυθρο κανάλι), που εκπέμπει το ραδιόμετρο AVHRR του NOAA [44]. Με τον τρόπο αυτό παρέχεται μία καινοτομική δυνατότητα εκτίμησης του τρόπου συμπεριφοράς των φυτών σε διάφορες χρονικές περιόδους μέσω ακριβώς της παρακολούθησης της έντασης της φωτοσυνθετικής τους δραστηριότητας. Μέχρι σήμερα έχουν μελετηθεί οι σχέσεις της διαχρονικής εξέλιξης του NDVI σε ορισμένες περιοχές με διάφορους παράγοντες. Τέτοιοι παράγοντες είναι η πρόγνωση παραγωγής βιομάζας των καλλιεργειών, η ιδιαίτερη φαινολογία τους, οι σχέσεις επίδρασης της συσσωρευτικής βροχόπτωσης και της περιεχόμενης εδαφικής υγρασίας, η χαρτογράφηση βλάστησης, καθώς επίσης και άλλα φυσικά φαινόμενα ή προϊόντα ανθρώπινης επέμβασης στη φύση, όπως, για παράδειγμα, εκδασώσεις, δασικές πυρκαγιές, πλημμύρες, εντομολογικές εξάρσεις και άλλα [9,10,13,44,50].

Μία άλλη προσέγγιση στο θέμα παρακολούθηση των καλλιεργειών και εύρεση σχέσεων με εξωγενείς και αβιοτικούς παράγοντες, που τυχόν τις επηρεάζουν είναι, εκτός από της εφαρμογές της δορυφορικής τηλεπισκόπησης και διάφοροι μετεωρολογικοί δείκτες και παράμετροι, οι οποίοι εκτιμώνται από συμβατικά μετεωρολογικά στοιχεία, τα οποία

συλλέγονται από επίγειους σταθμούς, αυτόματους ή μη. Οι δείκτες αυτοί είναι δυνατό να είναι απλές παράμετροι, όπως θερμοκρασία, βροχόπτωση, σχετική υγρασία αέρα, ηλιακή ακτινοβολία, καθώς και άλλοι πιά σύνθετοι μετεωρολογικοί δείκτες, που εξάγονται από τις προηγούμενες μετεωρολογικές παραμέτρους [52], όπως, για παράδειγμα, θερμική μονάδα, κοροπλήρωμα, αθροιστική βροχόπτωση, αποτελεσματική φωτοθερμοκρασία ή νυκτοθερμοκρασία, φωτοθερμική μονάδα και άλλες συναφείς. Οι παράμετροι και οι δείκτες αυτοί βρίσκουν εφαρμογή στην εύρεση συσχετίσεων με τη φαινολογία και την απόδοση των καλλιεργειών. Αυτό συμβαίνει, διότι σχετίζονται άμεσα με φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών, οι οποίες για να ολοκληρωθούν απαιτούν την επίδραση των κατάλληλων καιρικών συνθηκών στον κατάλληλο χρόνο και για ορισμένη διάρκεια, η οποία εξαρτάται από το βιολογικό κύκλο κάθε φυτού [23,42,43].

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση, ανάλυση ή και ανάπτυξη σχέσεων και συσχετίσεων μεταξύ της διαχρονικής εξέλιξης του δείκτη βλάστησης από δορυφορικές εικόνες NOAA / AVHRR για διάφορες μεμονωμένες καλλιέργειες ή μικτή βλάστηση σε 9 περιοχές της Θεσσαλίας και μίας σειράς μετεωρολογικών δεικτών και παραμέτρων, που εξάγονται από ωριαία στοιχεία 9 αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών στις περιοχές αυτές για τη βλαστική περίοδο 1994, δηλαδή το οκτάμηνο από Μάρτιο έως Οκτώβριο του 1994. Η ανάπτυξη τέτοιων σχέσεων έχει επίσης σκοπό και την ταυτοποίηση και την ερμηνεία του βιολογικού κύκλου και των επιμέρους φαινολογικών σταδίων των φυτών μέσω ερμηνείας καμπυλών συσσωρευτικών τιμών δείκτη βλάστησης για την προαναφερθείσα χρονική περίοδο, σε όποιες καλλιέργειες είναι αυτό εφικτό.

Στα κεφάλαια, που ακολουθούν περιγράφεται αρχικά ο δείκτης βλάστησης, όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση και κατόπιν η μορφή της βάσης δεδομένων, που αναφέρεται στα δορυφορικά και στα μετεωρολογικά στοιχεία καθώς και ο τρόπος συλλογής τους. Στη συνέχεια γίνεται εκτενής αναφορά στους δορυφόρους NOAA / AVHRR και στο δείκτη βλάστησης (NDVI) και περιγράφεται η επεξεργασία των εικόνων και η εξαγωγή των μετεωρολογικών δεικτών και παραμέτρων. Ακολουθεί η περιγραφή και ο σχολιασμός των πινάκων και των σχημάτων, που προκύπτουν από τη επεξεργασία των δεδομένων. Τέλος, παρουσιάζονται συνοπτικά συμπεράσματα, που εξάγονται από την όλη μελέτη και παρατίθενται προτάσεις για τυχόν μελλοντική θεώρησή της σε άλλη βάση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

2.1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1.1 Εφαρμογές του δείκτη βλάστησης (NDVI)

Ένας τομέας με μεγάλη δυνατότητα εφαρμογής των δεδομένων AVHRR αφορά στη χαρτογράφηση της περιοχών με διαφόρους τύπους βλάστησης, αφού υπάρχει πολύ λίγη πληροφόρηση όσο αφορά στη βλάστηση σε περιοχές του πλανήτη, που καλύπτουν ένα πολύ σημαντικό τμήμα της ξηράς και δεν έχουν μελετηθεί με άλλα εναέρια ή επίγεια μέσα (αεροχαρτογράφηση κλπ). Η ακριβής μελέτη της βλάστησης και η παραγωγή χαρτών που να την περιγράφουν είναι άκρως απαραίτητη για ένα μεγάλο αριθμό περιβαλλοντικών ερευνών, οι οποίες ασχολούνται με τις μεταβολές των οικοσυστημάτων στο χρόνο, καθώς και με φαινόμενα όπως πρωτογενής παραγωγή, ανακλαστικότητα, τραχύτητα του εδάφους και άλλα συναφή. Σήμερα οι προσπάθειες στη μελέτη των εκτάσεων και των τύπων βλάστησης που τις χαρακτηρίζουν κάνει ευρεία χρήση του NDVI από δεδομένα NOAA/AVHRR από τα οποία χρησιμοποιούνται τα πρωταρχικά δεδομένα ανακλαστικότητας και μετατρέπονται σε χρήσιμα δεδομένα για την ομαδοποίηση και την κατηγοριοποίηση των τύπων της επίγειας βλάστησης.

Στο παρελθόν έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες επάνω στην χαρτογράφηση βλάστησης σε ευρεία περιοχική κλίμακα κάνοντας χρήση των AVHRR, που παρέχουν ανάλυση της τάξης του 1 χλμ. Οι Loveland *et al.* [30] χρησιμοποίησαν συσσωρευτικό μηνιαίο NDVI για την ανάπτυξη βάσης δεδομένων με στοιχεία κάλυψης εδάφους στις ΗΠΑ. Ο πρώτος χάρτης προήλθε από επεξεργασία ομαδοποίησης των δεδομένων (data cluster analysis) που ήταν 8 συνθετικές εικόνες δείκτη βλάστησης κατά το 1990. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν η ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis Techniques), η οποία παρήγαγε 70 διαφορετικές κλάσεις βλάστησης στο διαχωρισμό των οποίων βοήθησε η συμπληρωματική επίγεια πληροφορία και η εξειδικευμένη γνώση.

Διάφορα εργαστήρια τηλεπισκόπησης στον Καναδά αναπτύσσουν επίσης διαδικασίες παραγωγής χαρτών από συστήματα AVHRR μέσω του σχήματος κατηγοριοποίησης του Anderson (Chilar *et al.*) [8]. Η μέθοδος αυτή αποτελεί ένα σχήμα ιεραρχικής ταξινόμησης των δορυφορικών δεδομένων που αναπτύχθηκε από το Ινστιτούτο Γεωλογικών Ερευνών των ΗΠΑ για τη χαρτογράφηση της βλάστησης σε περιοχές των ΗΠΑ.

Οι Stone και Schlesinger [48] πραγματοποίησαν ταξινόμηση βλάστησης στη Ν. Αμερική με χρήση του NDVI και του GVI (Global Vegetation Index) με παρόμοιες των παραπάνω μεθόδους και παρήγαγαν 39 τύπους βλάστησης σε ολόκληρη τη νοτιοαμερικανική ήπειρο. Το 1992 έγινε προσπάθεια από τους McGwire *et al.* [33] για κατηγοριοποίηση της βλάστησης της Καλιφόρνιας πάλι με χρήση του NDVI. Η μεθοδολογία επεξεργασίας βασιζόταν στη μέθοδο ISODATA και στην ανάλυση κυρίων συνιστωσών (PCA : Principal Component Analysis) και χρησιμοποιήθηκαν 16 σύνθετες εβδομαδιαίες εικόνες δείκτη βλάστησης από τμήμα βάσης δεδομένων του 1990. Οι Fleischman και Walsh [17] χρησιμοποίησαν εικόνες δείκτη βλάστησης από 7 ημέρες για παραγωγή πέντε κλάσεων βλάστησης στην υδρολογική λεκάνη της Β. Καρολίνας. Τα δορυφορικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ημερήσια στοιχεία AVHRR που συγκρίθηκαν με χρονοσειρές εικόνων NDVI.

Στο πρόσφατο παρελθόν επιχειρήθηκε χαρτογράφηση δασών στο Μεξικό από τους Eggen-McIntosh *et al.* [12] με χρήση 6 δεκαημέρων NDVI για τους μήνες Μάρτιο-Απρίλιο 1991. Κατ' αυτό τον τρόπο παρήχθησαν 3 κατηγορίες δασικών ειδών δένδρων. Παρόμοια μελέτη πραγματοποιήθηκε και από τους Iverson *et al.* με συνδυασμένη χρήση NDVI από NOAA/AVHRR και Landsat TM [24]. Ο σκοπός ήταν η παραγωγή χαρτών τύπων δασικής βλάστησης για το Ιλινόις των ΗΠΑ και μελέτη τους από γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS).

Οι Miller *et al.* [34] μελέτησαν διαδικασία παραγωγής χαρτών επικινδυνότητας από πυρκαγιές στο ανατολικό Όρεγκον των ΗΠΑ. Η μεθοδολογία αφορούσε σε χρονοσειρές δείκτη βλάστησης και δεδομένα από ορατά κανάλια των NOAA/AVHRR με αποτέλεσμα την παραγωγή, μέσω ανάλυση κυρίων συνιστωσών, συνθετικών εικόνων με τιμές επικινδυνότητας πυρκαγιάς σε διάφορα επίπεδα. Επισημαίνεται ότι μία τέτοια μελέτη απαιτούσε αρκετά εξειδικευμένη γνώση της περιοχής από επίγειες πληροφορίες.

Στην παγκόσμια βιβλιογραφία εκτός από εφαρμογές διαμόρφωσης τύπων βλάστησης, σημαντικό τμήμα κατέχουν και εφαρμογές που αφορούν παρακολούθηση από το διάστημα των τροπικών δασών. Όπως είναι γνωστό,

οι εκδασώσεις τέτοιων περιοχών έχουν φθάσει επικίνδυνα επίπεδα και πιθανή χαρτογράφησή τους είναι όχι μόνο ενδιαφέρουσα, αλλά και απαραίτητη σε μεγάλους διεθνείς οργανισμούς που εργάζονται σε ερευνητικό επίπεδο σε περιβαλλοντικές μελέτες. Βάσεις δεδομένων από AVHRR και συγκεκριμένα από χρονοσειρές NDVI είναι εξαιρετικής σημασίας και χρησιμότητας για τις παραπάνω μελέτες εξαιτίας κυρίως της δυνατότητας των NOAA υψηλής χρονικής συχνότητας επανεμφάνισης και μεγάλης χωρικής κάλυψης (view swath). Παρόλα αυτά, η ανάπτυξη μεθόδων εξαγωγής πληροφοριών από δεδομένα όπως τα παραπάνω βρίσκεται ακόμη σε νεαρά, σχετικά, στάδια έρευνας [26].

Η μικρή περίοδος τροχιάς του NOAA έχει δείξει ότι είναι μεγίστης σημασίας παράγοντας για τους επιστήμονες που μελετούν κάλυψη εδάφους με βλάστηση, διότι αυξάνει την πιθανότητα εύρεσης εικόνων χωρίς νεφοκάλυψη, η οποία, όπως είναι γνωστό, αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την παρακολούθηση της επίγειας βλάστησης. Ένα πολύ σημαντικό τμήμα ερευνητών έχει αποδείξει, ότι τα κανάλια 3 και 4 παρέχουν τη σημαντικότερη πληροφορία βλάστησης των τροπικών δασών [31]. Έχει επίσης αναφερθεί, ότι το κανάλι 3 είναι δυνατό να εντοπίσει στρώματα καπνού ή ομίχλης και να εκτιμήσει θερμοκρασίες λαμπρότητας στο εσωτερικό ή κάτω από αυτά (Matson *et al.*) [32]. Οι Smith και Choudhury [45] τόνισαν τη σημασία του καναλιού 1 (red band) σε σχέση με τον NDVI μέσω συγκριτικής ανάλυσης συμμεταβολής, στην προσπάθειά τους να διαχωρίσουν την πράσινη βλάστηση στη Ν.Α. Αυστραλία.

Γενικά ο δείκτης βλάστησης έχει αποδειχθεί χρήσιμος για εντοπισμό μαζικής και, μερικές φορές, συστηματικής εκδάσωσης, όπως αυτή στην περιοχή Rondonia, όπως αναφέρει ο Malingreau [26]. Παρόλα αυτά, η μεθοδολογία εντοπισμού εκδασώσεων σε τροπικές περιοχές βρίσκεται έως σήμερα σε πρωταρχικά στάδια έρευνας. Η παρακολούθηση των αλλαγών στη δασική βλάστηση παρεμποδίζεται από πολλούς παράγοντες όπως ο καπνός από τις πυρκαγιές, η εξάτμιση του νερού (Malingreau) [31] και συγκεκριμένα μετεωρολογικά φαινόμενα με τοπικό χαρακτήρα, όπως για παράδειγμα ο άνεμος Harmattan της Δ. Αφρικής (Achard και Blasco) [1]. Επιπρόσθετα, η διαχρονική μεταβολή της φυλλικής επιφάνειας των δένδρων εμφανίζεται με περίπλοκες και ετερογενείς μορφές. Οι εκδασώσεις αρχίζουν συνήθως με υποβάθμιση και επιμερισμό των πρωτογενών δασικών εκτάσεων μέσω διαδικασιών επιλεκτικής και παράνομης υλοτόμησης, οι οποίες έχουν ως συνέπεια τη διαμόρφωση ενός τύπου μωσαϊκού με

υλοτομημένες και μη περιοχές, η παρακολούθηση των οποίων από το διάστημα καθιστάται δυσχερής, και λιγότερο αποτελεσματική και αξιόπιστη.

Σαφώς πολύ μεγάλης σημασίας είναι και εφαρμογές του δείκτη βλάστησης από δεδομένα NOAA / AVHRR καθώς και άλλων δεικτών στην απευθείας εκτίμηση χαρακτηριστικών επίγειας βλάστησης. Ο NDVI χρησιμοποιήθηκε και χρησιμοποιείται κυρίως για την εκτίμηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI), της φωτοσυνθετικής ικανότητας των φυτών και πρωτογενούς παραγωγής [46]. Πάντως ποσοτική συσχέτιση φασματικών παραμέτρων με βλαστικά χαρακτηριστικά σπανίζει στη σημερινή βιβλιογραφία. Οι συσχετίσεις είναι κυρίως ποιοτικές.

Ο Lloyd περιέγραψε ποιοτικά τη διαμόρφωση της βλάστησης της Ιβηρικής χερσονήσου χρησιμοποιώντας 12 εικόνες δείκτη βλάστησης [27]. Οι Walker *et al.* [51] συσχέτισαν μέσο συσσωρευτικό NDVI και την παραλλακτικότητά του σε μία συγκεκριμένη περιοχή της Καλιφόρνιας με τον τύπο της χλωρίδας και η μεγαλύτερη συσχέτιση εντοπίσθηκε με την ένταση εκείνου του τύπου βλάστησης που περιείχε είδη αγγειοσπέρμων (κυρίως δένδρων και πολυετών λειμωνίων ειδών). Οι Eidenshink και Haas [14] ανακάλυψαν εποχιακή μεταβολή του δείκτη σε μεγάλες εκτάσεις της Αμερικής, που χαρακτηρίζονται ως Major Land Resource Areas (MLRA) και είναι τμήματα φυσιογραφικής υποδιαίρεσης της αμερικανικής ηπείρου. Οι παραπάνω ερευνητές παρείχαν επίσης λεπτομερή περιγραφή της πληροφορίας, η οποία είναι δυνατό να εξαχθεί από τον NDVI και μελέτες φαινολογίας των αροτριάων καλλιέργειών και της φυσικής χλωρίδας σε δημοσιευμένες εργασίες τους. Οι Spanner *et al.* [46] μελέτησαν τη δυναμική της βλάστησης σε 19 τμήματα δασών κωνοφόρων σε εκτάσεις των Δυτικών ΗΠΑ στην προσπάθειά τους να συσχετίσουν το δείκτη βλάστησης με διάφορες βιοφυσικές παραμέτρους. Η περίοδος από το Μάρτιο του 1986 έως και το Νοέμβριο του 1987 χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή εικόνων μεγίστου μηνιαίου NDVI, οι οποίες στη συνέχεια συσχετίσθηκαν με τον LAI. Διαπιστώθηκε υψηλή συσχέτιση μεταξύ των τιμών του NDVI με τον LAI κατά τη θερινή περίοδο σε αντίθεση με τη χειμερινή περίοδο όπου και οι δύο δείκτες έπαιρναν τις ελάχιστες τιμές τους.

Οι Paltridge και Barber [36] έκαναν χρήση του δείκτη βλάστησης για παρακολούθηση ξηρής πλώδους φυτομάζας και εκτίμηση διαφορετικών επιπέδων επικινδυνότητας από πιθανές πυρκαγιές στην Αυστραλία. Το κρίσιμο χαρακτηριστικό για τον κίνδυνο ανάπτυξης φωτιάς που εκτιμήθηκε ήταν μάλλον το περιεχόμενο ποσοστό υγρασίας της φυτοκάλυψης παρά αυτή καθαυτή η βιομάζα. Πράγματι, η συμμεταβολή ήταν ισχυρότερη με την

υγρασία της καύσιμης ύλης παρά με τη βιομάζα. Οι Lopez *et al.* [28] μελέτησαν παρόμοιες πιθανές σχέσεις για την Ισπανία και οι Smith και Choudhury [45] χρησιμοποίησαν τον NDVI για διαχωρισμό δασικών από καλλιεργούμενες εκτάσεις.

Τα δεδομένα του NOAA για χρήση στη φυτική παραγωγή είχαν εφαρμογές στην περιοχή Sahel της Σενεγάλης, οι οποίες αφορούσαν στην έγκαιρη προετοιμασία αντιμετώπισης φυσικών καταστροφών καθώς και εκτίμηση απωλειών εξαιτίας αυτών στη γεωργία. Οι Tucker *et al.* [50] ασχολήθηκαν με ένα πρόγραμμα ειδικά διαμορφωμένο για την πιο πάνω περιοχή και η μελέτη αφορούσε κυρίως εκτίμηση βιομάζας στο τελικό στάδιο του βιολογικού κύκλου των φυτών στα οποία δόθηκε το βάρος της εκτίμησης. Δύο χρόνια αργότερα και πάλι από τον Tucker, μελετήθηκαν πιθανές σχέσεις μεγίστου NDVI και τελικής παραγωγής στο χρονικό διάστημα 1981-1983 στην ίδια περιοχή.

Ο NDVI χρησιμοποιήθηκε επίσης με τη μορφή χρονοσειρών για παρακολούθηση πληθυσμών ακρίδων και των πιθανών προβλημάτων που προκαλούν στη φυτική παραγωγή με τις επιδρομές τους, όπως αναφέρει ο Tarran [49]. Λόγω της μεγάλης χρονικής συχνότητας επανεμφάνισης του NOAA και απόκτησης των δεδομένων για εξαγωγή του NDVI υπήρξαν και εφαρμογές στο παρελθόν που αφορούσαν πρόβλεψη ζημιών από εξάρσεις πληθυσμών ζιζανίων σε διάφορα αγροοικοσυστήματα με ποικίλες μετεωρολογικές συνθήκες.

2.1.2 Εφαρμογές άλλων μετεωρολογικών δεικτών

Στο παρελθόν η ανάγκη παρακολούθησης των καλλιεργειών από άποψη φαινολογίας και εκτίμησης παραγωγής τελικής βιομάζας ώθησε πολλούς ερευνητές, ιδίως αγρομετεωρολόγους, στην ανάπτυξη διαφόρων μετεωρολογικών δεικτών. Οι δείκτες αυτοί αναπτύχθηκαν προκειμένου να μελετηθεί, αφενός, ο ρόλος τους στην πορεία και εξέλιξη των καλλιεργειών και, αφετέρου, να γίνουν προσπάθειες πρόγνωσης αυτής της επιρροής σε μικρό χρονικό διάστημα από τη στιγμή, που λαμβάνει χώρα μία σειρά μετεωρολογικών φαινομένων, ακραίων ή μη, τα οποία είναι δυνατό να επιδρούν και δυσμενώς στις καλλιέργειες [52].

Οι παραπάνω δείκτες και ιδιαίτερα αυτοί που ενδιαφέρουν την παρούσα εργασία, σχετίζονται άμεσα με μετεωρολογικές παραμέτρους πολύ βασικές από τη φύση τους και παράλληλα καθοριστικές και, μερικές φορές,

φορές, περιοριστικές όσο αφορά στην εξέλιξη του βιολογικού κύκλου των φυτών. Τέτοιες παράμετροι είναι η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, η ηλιακή ακτινοβολία, η βροχόπτωση και άλλες. Δείκτες, όπως θερμική μονάδα, αποτελεσματική φωτοθερμοκρασία ή νυκτοθερμοκρασία, φωτοθερμική μονάδα, κοροπλήρωμα και ημέρες δραστηκής βροχόπτωσης χρησιμοποιήθηκαν στο παρελθόν και συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται και σήμερα ως δείκτες με αγρομετεωρολογική εφαρμογή [52]. Είναι πολύ σημαντικό το γεγονός, ότι υπάρχει υψηλός βαθμός συσχέτισης μεταξύ των δεικτών αυτών και των φαινολογικών σταδίων των καλλιεργουμένων φυτών. Για παράδειγμα, η πρακτική εφαρμογή της θερμικής μονάδας (Heat Unit) είναι γνωστή από πολύ παλιά [52]. Υπολογίζεται για μία σειρά ημερών του βιολογικού κύκλου ενός φυτού, που συνήθως λαμβάνεται από το χρονικό σημείο που αντιστοιχεί με το στάδιο της πλήρους άνθισης έως αυτό της φυσιολογικής ωρίμανσης ή της συγκομιδής του καρπού. Αυτό εφαρμόζεται κυρίως στα οπωροφόρα δένδρα και η αντίστοιχη περίοδος ονομάζεται καρπική [3]. Στην περίπτωση κλωστικών βιομηχανικών φυτών, όπως το βαμβάκι, η αντίστοιχη περίοδος καλύπτει σχεδόν ολόκληρο το βιολογικό κύκλο του φυτού (180-210 ημέρες), αφού ο παράγων θερμοκρασία είναι ο πλέον καθοριστικός για την ολοκλήρωση των επιμέρους φαινολογικών σταδίων του βαμβακιού, αλλά και για την παραγωγή προϊόντος υψηλής ποιότητας (ίνας) [7].

Η παράμετρος βροχόπτωση χρησιμοποιήθηκε και χρησιμοποιείται κατά κόρον σε μελέτες επίδρασης του στη φαινολογία των καλλιεργειών, αφού είναι σαφές, ότι αποτελεί έναν από τους καθοριστικότερους δείκτες ανάπτυξης και παραγωγής βιομάζας των φυτών. Χρησιμοποιείται συνήθως με τη μορφή αθροιστικών καμπυλών από την αρχή της καλλιεργητικής περιόδου έως και το τέλος αυτής. Ιδιαίτερη έμφαση δίδεται στη συσχέτισή του με την πορεία των επιμέρους σταδίων των φυτών, χωρίς να αποκλείονται και οι περιπτώσεις πρόγνωσης της αντίδρασης των φυτών σε περιπτώσεις με επίπεδο επάρκειας εδαφικής υγρασίας χαμηλότερο από κάποια κρίσιμη τιμή κατωφλίου, η οποία εξαρτάται από το είδος του φυτού και από την πορεία των υπολοίπων κλιματικών συνθηκών [42,43,52].

Τέλος, έχουν μελετηθεί και χρησιμοποιηθεί παράμετροι, που σχετίζονται με τη σχετική υγρασία του αέρα. Έχει διαπιστωθεί, ότι, όπως και με τη βροχόπτωση, υπάρχει υψηλή συσχέτιση με τη φαινολογία των καλλιεργουμένων φυτών. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι η περιεχόμενη υγρασία του αέρα παίζει σημαντικό ρόλο σε καθοριστικές διεργασίες των φύλλων, όπως φωτοσύνθεση, αναπνοή, διαπνοή και ανταλλαγές αερίων

μέσω των στοματίων [42,44]. Αυτές οι φυσιολογικές διεργασίες καθορίζουν απόλυτα τη φαινολογία του φυτού και οποιαδήποτε ανωμαλία ή καταπόνηση (stress) έχει αντίκτυπο στην παραγωγή βιομάζας.

2.2 ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Όπως γίνεται σαφές από την όλη ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας, ένας μεγάλος αριθμός επιστημονικών μελετών γύρω από το χώρο του δείκτη βλάστησης και των εφαρμογών του στη φυτική παραγωγή έχει αναλωθεί σε προσπάθειες παρακολούθησης της φαινολογίας και της εκτίμησης της τελικής παραγωγής βιομάζας των καλλιεργουμένων φυτών καθώς και στην εξεύρεση συσχετίσεων της διαχρονικής εξέλιξης του δείκτη με τους εξωγενείς μετεωρολογικούς παράγοντες που είναι κρίσιμοι για την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών. Ένας από τους πιο καθοριστικούς και περιοριστικούς για τη φαινολογία των φυτών παράγοντες είναι η βροχόπτωση. Η παρούσα εργασία έρχεται να τονίσει την ανάγκη εύρεσης σχέσεων μετεωρολογικών δεικτών και διαχρονικής εξέλιξης του NDVI των αροτριάων και άλλων καλλιεργειών στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλίας, μίας περιοχής με πληθώρα εντατικών και εκτατικών καλλιεργειών, οι οποίες με την παραγωγή τους στηρίζουν σε σημαντικότατο βαθμό την εθνική οικονομία.

Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία περιλαμβάνουν ωριαία στοιχεία από 9 αυτόματους μετεωρολογικούς σταθμούς σε διάφορες περιοχές της Θεσσαλίας, βάση δεδομένων ψηφιακών δορυφορικών εικόνων NOAA / AVHRR για υπολογισμό του δείκτη βλάστησης (NDVI) από σύστημα επεξεργασίας και ανάλυσης εικόνων NOAA/AVHRR καθώς και στοιχεία φαινολογίας και άρδευσης των καλλιεργειών για τις οποίες πραγματοποιήθηκε η ανάλυση, τα οποία διατέθηκαν από Ινστιτούτα και Σταθμούς Έρευνας της Θεσσαλίας. Όλα τα προηγούμενα αναφέρονται στο οκτάμηνο από Μάρτιο έως Οκτώβριο του 1994.

Στη μελέτη εμπλέκονται διάφορες καλλιέργειες πολύ σημαντικές για τη Θεσσαλία, όπως βαμβάκι, σιτηρά, οπωροφόρα δένδρα, αμπέλια και άλλες. Πρέπει να τονισθεί, ότι η δυνατότητα διάκρισης μέσω του δείκτη βλάστησης των ραδιομετρικών χαρακτηριστικών μεταξύ δύο διαφορετικών καλλιεργειών μιας περιοχής είναι προβληματική και επισφαλής σε περιπτώσεις που οι περιοχές οι οποίες μελετώνται δεν είναι ιδιαίτερα

εκτεταμένες, ώστε να μπορούν να διαχωριστούν με ακρίβεια μέσα σε ένα και μόνο ρίχει των 12.000 στρεμμάτων. Δηλαδή, η μικρή σχετικά διακριτική ικανότητα του ΝΟΑΑ δε δίνει σαφή συμπεράσματα σε μικρές εκτάσεις. Παρόλα αυτά, στην περίπτωση της Θεσσαλίας εντοπίστηκαν περιοχές γύρω από κάθε μετεωρολογικό σταθμό οι οποίες καλλιεργούνται σε πολύ μεγάλο ποσοστό από ένα και μόνο τύπο φυτού ή όπου υπάρχουν διαφορετικές καλλιέργειες, η επικρατούσα είναι μία. Έτσι, αν και διαμορφώνεται ένα είδος "μωσαϊκού" από διάφορους τύπους φυτοκάλυψης, η ακρίβεια εκτίμησης του είδους φυτού που καλλιεργείται κατά κόρο σε μία συγκεκριμένη περιοχή είναι υψηλή έως και σχεδόν απόλυτη σε περιπτώσεις συστηματικής μονοκαλλιέργειας οι οποίες κάθε άλλο παρά σπανίζουν.

Πιο συγκεκριμένα, οι περιοχές γύρω από τους αυτόματους σταθμούς που μελετήθηκαν έχουν έκταση 3×3 ρίχεις ή $9 \times (1.1 \times 1.1) = 11$ χλμ² περίπου ή 11.000 στρέμματα. Οι σταθμοί αυτοί εγκαταστάθηκαν από το Υπουργείο Γεωργίας κατά τα τελευταία 6 χρόνια στις εξής πόλεις ή χωριά των τεσσάρων νομών της Θεσσαλίας : Καρδίτσα, Παλαμάς, Βελεστίνο, Νέα Αγχίαλος, Ζαγορά, Αγιά, Καλαμπάκα, Τύρναβος και Τσαριτσάνη. Οι θέσεις των σταθμών φαίνονται στον Πίνακα 2.1 και στο Χάρτη 2.1. Οι επικρατούσα καλλιέργεια σε κάθε μία από τις πιο πάνω περιοχές φαίνεται στον Πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.1: Γεωγραφικές Συντεταγμένες των 9 Αυτόματων Μετεωρολογικών Σταθμών της Θεσσαλίας

ΣΤΑΘΜΟΣ	Γ. ΜΗΚΟΣ	Γ. ΠΛΑΤΟΣ
ΑΓΙΑ	22°40'	39°42'
ΒΕΛΕΣΤΙΝΟ	22°48'	39°24'
ΖΑΓΟΡΑ	23°01'	39°26'
ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ	21°22'	39°40'
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	21°51'	39°21'
Ν. ΑΓΧΙΑΛΟΣ	22°49'	39°17'
ΠΑΛΑΜΑΣ	22°00'	39°26'
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	22°07'	39°52'
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	22°18'	39°44'

Πίνακας 2.2: Οι κύριες καλλιέργειες γύρω από τις θέσεις των μετεωρολογικών σταθμών.

ΚΑΡΔΙΤΣΑ	ΒΑΜΒΑΚΙ
ΠΑΛΑΜΑΣ	-//-
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	ΑΜΠΕΛΙΑ
ΒΕΛΕΣΤΙΝΟ	ΑΜΥΓΔΑΛΙΕΣ, ΑΧΛΑΔΙΕΣ
ΖΑΓΟΡΑ	ΜΗΛΙΕΣ, ΚΑΣΤΑΝΙΕΣ
ΑΓΙΑ	ΜΗΛΙΕΣ
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	ΑΜΠΕΛΙΑ
ΝΕΑ ΑΓΧΙΑΛΟΣ	ΑΜΥΓΔΑΛΙΕΣ
ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ	ΜΗΛΙΕΣ

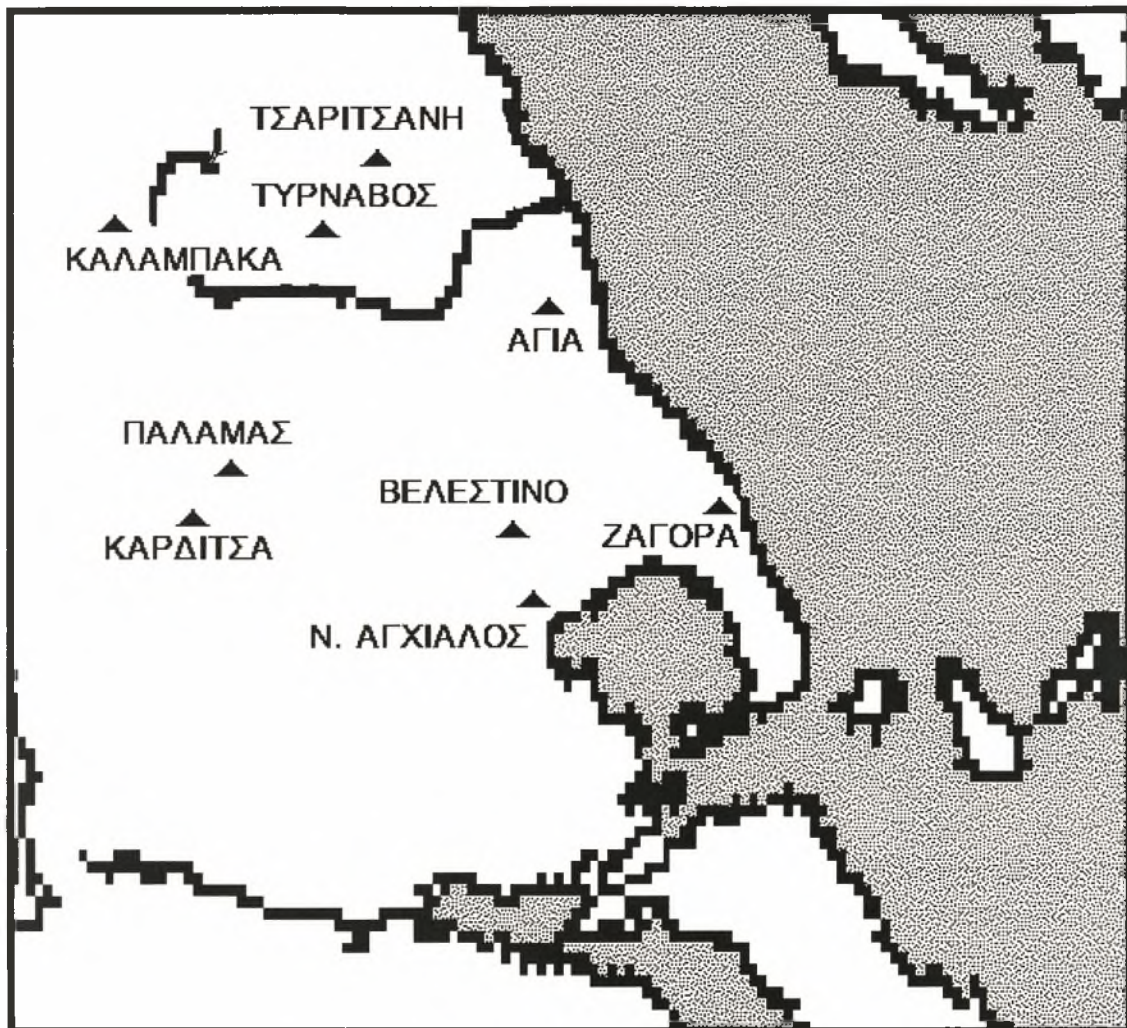
Όσο αφορά στις βαμβakoφυτείες στις περιοχές Καρδίτσας και Παλαμά, αυτές είναι κατά πολύ μεγάλο ποσοστό ομοιογενείς σε επίπεδο πρωιμότητας και κατά 99% συστηματικά αρδευόμενες με διάφορα συστήματα άρδευσης. Το γεγονός αυτό είναι σημαντικό στην ανάλυση των αποτελεσμάτων και εξαγωγή συμπερασμάτων και γι'αυτό θα αποτελέσει σημείο σχολιασμού σε αντίστοιχο επόμενο κεφάλαιο.

Οι αμπελώνες του Τυρνάβου και της Τσαριτσάνης είναι στην πλειοψηφία τους αρδευόμενοι με συστήματα στάγδην άρδευσης ή με κατάκλυση και ανήκουν είτε σε μεμονωμένους παραγωγούς ή βρίσκονται συγκεντρωμένοι σε μεγάλες εκτάσεις κοινοτικών συνεταιρισμών.

Τα pixels που επιλέχθηκαν για την Αγιά και την Καλαμπάκα αντιστοιχούν σε τμήματα δεινδρώνων, που κατά 90% είναι στάγδην αρδευόμενοι μηλαιώνες διαφόρων ποικιλιών (κόκκινα, κίτρινα, πράσινα μήλα), ενώ δε συμβαίνει το ίδιο και στις περιοχές της Νέας Αγχιάλου και του Βελεστίνου. Το φαινόμενο του “μωσαϊκού” των καλλιεργειών, που προαναφέρθηκε, είναι έντονο στο Βελεστίνο και στη Νέα Αγχιάλο, όπου εμπλέκονται, εκτός από οπωροφόρα δένδρα, κηπευτικές καλλιέργειες, αμπελώνες και βαμβakoφυτείες. Φυσικά, για διευκόλυνση της ανάλυσης των αποτελεσμάτων προϋποτίθεται, ότι οι επικρατούσες καλλιέργειες είναι συγκεκριμένες και “αναγνωρίζονται” από το δορυφόρο όταν κατέχουν πάνω από το 50% της έκτασης η οποία αντιστοιχεί σε ένα pixel, η οποία είναι περίπου 1200 στρέμματα.

Τέλος, η περίπτωση της Ζαγοράς είναι κάπως περίπλοκη λόγω υψομέτρου και του έντονου αναγλύφου του Πηλίου. Εκτός από τους

Χάρτης 2.1: Θέσεις των 9 Αυτόματων Μετεωρολογικών Σταθμών της Θεσσαλίας



μηλαιώνες, οι οποίοι στην πλειοψηφία τους καλλιεργούνται σε πλαγίες που μπορεί να είναι διαμορφωμένες και σε αναβαθμίδες, καλλιεργούνται και άλλα οπωροφόρα, όπως κερασιές. Επίσης, δεν είναι δυνατό να παραληφθεί και το γεγονός, ότι η Ζαγορά βρίσκεται μέσα στην αυτοφυή φυλλοβόλο βλάστηση της ζώνης δρυός, όπου είναι υπολογίσιμη και η συνεισφορά της καστανιάς στη διαμόρφωση του συγκεκριμένου αγροοικοσυστήματος. Έτσι, είναι σαφές, ότι επιβάλλεται η συνεκτίμηση όλων των παραπάνω παραμέτρων στην εξαγωγή σωστών συμπερασμάτων για την εικόνα της σύνθετης αυτής βλάστησης και τη συμπεριφορά της όσον αφορά στα ραδιομετρικά της χαρακτηριστικά.

Τα δεδομένα που προσφέρουν οι αυτόματοι μετεωρολογικοί σταθμοί καταγράφονται και συλλέγονται ψηφιακά από ειδικές ηλεκτρονικές συσκευές (data loggers) και εισάγονται στον Η/Υ του χρήστη μέσω modem και με τη μορφή σειριακών αρχείων. Τα στοιχεία καταγράφονται συνεχώς στις συσκευές συλλογής στοιχείων και διατίθενται στο χρήστη κάθε δέκα λεπτά ή, συνήθως, κάθε μία ώρα. Οι ωριαίες αυτές τιμές αφορούν διάφορες μετεωρολογικές παραμέτρους, οι σημαντικότερες των οποίων είναι η θερμοκρασία αέρα και εδάφους, η σχετική υγρασία αέρα, η ταχύτητα και η διεύθυνση ανέμου, η βροχόπτωση, η καθαρή ηλιακή ακτινοβολία και η προσομοίωση του ποσοστού διύγρανσης φύλλου (%). Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία είναι ωριαίες τιμές θερμοκρασίας αέρα, ωριαίες τιμές βροχόπτωσης και τρεις ημερήσιες τιμές σχετικής υγρασίας αέρα στις 08:00, 14:00 και 20:00. Η βάση δεδομένων δε χρησιμοποιήθηκε άμεσα με την παραπάνω μορφή, αλλά μετά από κάποια δευτερογενή επεξεργασία, η οποία περιγράφεται λεπτομερέστερα σε επόμενη παράγραφο. Ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα των δεδομένων που αποθηκεύονται στον Η/Υ για το σταθμό του Βελεστίνου παρατίθεται στον Πίνακα 2.3, όπου περιγράφεται η μορφή των στοιχείων και σχολιάζεται ξεχωριστά κάθε μία από τις παραμέτρους.

Οι χρονοσειρές των τριών παραπάνω μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν, δηλαδή θερμοκρασίας, βροχόπτωσης και σχετικής υγρασίας, διαμορφώθηκαν κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι άμεσα χρησιμοποιήσιμες για την εξαγωγή στατιστικών παραμέτρων, όπως μέσες τιμές, αθροίσματα, συντελεστές συσχέτισης καθώς και τον υπολογισμό και εκτίμηση άλλων μετεωρολογικών δεικτών μέσα από ειδικά προγράμματα FORTRAN που περιγράφονται στη συνέχεια. Όσο αφορά στις θερμοκρασίες και στη βροχόπτωση, αυτές διαμορφώθηκαν σε χρονοσειρές ωριαίων τιμών, ενώ, όπως προαναφέρθηκε, για τη σχετική υγρασία επιλέχθηκαν τρεις τιμές

κάθε ημέρα, οι οποίες αργότερα χρησιμοποιήθηκαν για εξαγωγή μέσω των όρων. Στο συνοπτικό Πίνακα 4.2 (σελίδα 43) δίδονται οι αθροιστικές τιμές βροχόπτωσης κατά δεκαήμερο για όλους τους αυτόματους μετεωρολογικούς σταθμούς της Θεσσαλίας.

Το τρίτο και ίσως το σημαντικότερο στοιχείο της παρούσας μελέτης αφορά στη βάση δεδομένων από ψηφιακές εικόνες δείκτη βλάστησης (NDVI), το οποίο είναι και η κύρια μεταβλητή για την παρακολούθηση των διαφόρων τύπων βλάστησης στις εννέα περιοχές της Θεσσαλίας, εκτός από την επίγεια πληροφόρηση για τη φαινολογία των επιμέρους καλλιεργειών. Όπως εξηγήθηκε και στο κεφάλαιο της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, η εξαγωγή ημερησίων εικόνων δείκτη βλάστησης για την παραγωγή χρονοσειρών μεγίστων τιμών κατά μήνα ή δεκαήμερα επηρεάζεται σε υψηλό βαθμό από την παρουσία νεφοσκεπών ημερών στην ακολουθία των διαδοχικών ημερησίων ψηφιακών εικόνων. Δεδομένου, ότι στον Ελλαδικό χώρο η παρουσία καταιγιδοφόρων νεφών εξαιτίας δραστηριότητας διαφόρων καιρικών συστημάτων είναι έντονη, ιδιαίτερα κατά το τετράμηνο από το Νοέμβριο έως και τον Φεβρουάριο, είναι αναπόφευκτο το γεγονός της ύπαρξης σειράς ημερών ακόμη και ολοκλήρων μηνών με αδυναμία εξαγωγής του δείκτη λόγω νεφών που καλύπτουν μεμονωμένες περιοχές ή και ολόκληρο το χερσαίο και θαλάσσιο ελλαδικό χώρο. Έτσι, για την παρούσα εργασία απορρίφθηκε το χρονικό διάστημα από Ιανουάριο έως και Φεβρουάριο και από Νοέμβριο έως και Δεκέμβριο του ιδίου έτους για τον παραπάνω ακριβώς λόγο. Το τελικό χρονικό διάστημα διαμορφώθηκε στο οκτάμηνο από 1-3-1994 έως 31-10-1994.

Το σύνολο των διαθέσιμων εικόνων NOAA που αποτέλεσε την πηγή για την εξαγωγή των δεικτών βλάστησης προήλθε από δορυφορικό σύστημα λήψης, που διαθέτει το Εργαστήριο Αγρομετεωρολογίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής και Ζωικής Παραγωγής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας από τον Ιούλιο του 1993 έως και σήμερα. Το παραπάνω σύστημα λαμβάνει τουλάχιστο μία εικόνα την ημέρα η οποία καλύπτει τον ελληνικό χώρο και τμήματα των Βαλκανίων, της Νότιας Ιταλίας και της Τουρκίας. Στις δυνατότητες, όμως, του συστήματος περιλαμβάνεται η λήψη έως και 10-12 εικόνων την ημέρα από τις περιοχές που αναφέρθηκαν και πολύ περισσότερες διαθέσιμες τροχιές καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου για την υπόλοιπη Ευρώπη, την Κύπρο, την Ανατολική Τουρκία και τη Νότια Μεσόγειο. Οι διαθέσιμες για λήψη εικόνων τροχιές βρίσκονται αποθηκευμένες σε ειδικό πρόγραμμα από την τρέχουσα ημέρα και για διάστημα αρκετών ετών έτσι, ώστε ο χρήστης να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή

τις επόμενες τροχιές που αφορούν συγκεκριμένες περιοχές οι οποίες συνοδεύονται από μία σειρά χρήσιμων στοιχείων όπως ο κωδικός του NOAA (9,10,11,12,13), η ακριβής προγραμματισμένη ώρα και διάρκεια της λήψης, οι διαστάσεις σε pixels της εικόνας που θα ληφθεί, η κατεύθυνση της πολικής τροχιάς του δορυφόρου, η διεύθυνση και η γωνία κίνησης της ειδικής κεραίας κατά τη διάρκεια της λήψης και άλλα χρήσιμα στοιχεία. Η τυπική μορφή της οθόνης του Η/Υ κατά τη διάρκεια μίας προγραμματισμένης λήψης εικόνας NOAA / AVHRR φαίνεται στην Εικόνα 2.1.

Οι εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία είναι τμήμα του αρχείου του Εργαστηρίου Αγρομετεωρολογίας και ανήκουν κατά 90% σε λήψεις του NOAA-11 και δευτερευόντως των NOAA-9 και NOAA-12. Το διάστημα από Μάρτιο έως και 13 Σεπτεμβρίου 1994 καλύφθηκε από λήψεις του NOAA-11, μέχρι, δηλαδή, την ημέρα της απόσυρσής του από τις εφαρμογές παρακολούθησης εδάφους και την έναρξή του ως μέσο παρακολούθησης και εντοπισμού αγρίων ζώων ή ειδών υπό εξαφάνιση (animal tracking). Οι ώρες λήψης των εικόνων του NOAA-11 ήταν σχεδόν ιδανικές για τα ελληνικά δεδομένα, διότι ήταν κατά κόρο μεσημβρινές (από 16:00 έως 18:00 τοπική ώρα), δηλαδή τις ώρες με τη μέγιστη θερμοκρασία και ηλιακή ακτινοβολία για κάθε εποχή, γεγονός πολύ σημαντικό για την ποιότητα της πρωτογενούς ψηφιακής πληροφορίας καθώς και των εξαγομένων εικόνων NDVI. Από τη βάση δεδομένων του οκταμήνου απορρίφθηκαν οι εικόνες οι οποίες είχαν ληφθεί τις βραδινές ή τις πολύ πρωινές ώρες, συνήθως NOAA-12 και 10, αφού σε τέτοιες συνθήκες έλλειψης επαρκούς φωτισμού η πληροφόρηση στις φασματικές περιοχές ή κανάλια 1 και 2 η οποία είναι απαραίτητη για την εξαγωγή του NDVI είναι ελλιπής, έως και ανύπαρκτη. Έτσι, το τελικό σύνολο των εικόνων διαμορφώθηκε στις 200 και δίδεται λεπτομερειακά στο Παράρτημα 3 (Πίνακας Π3.1).

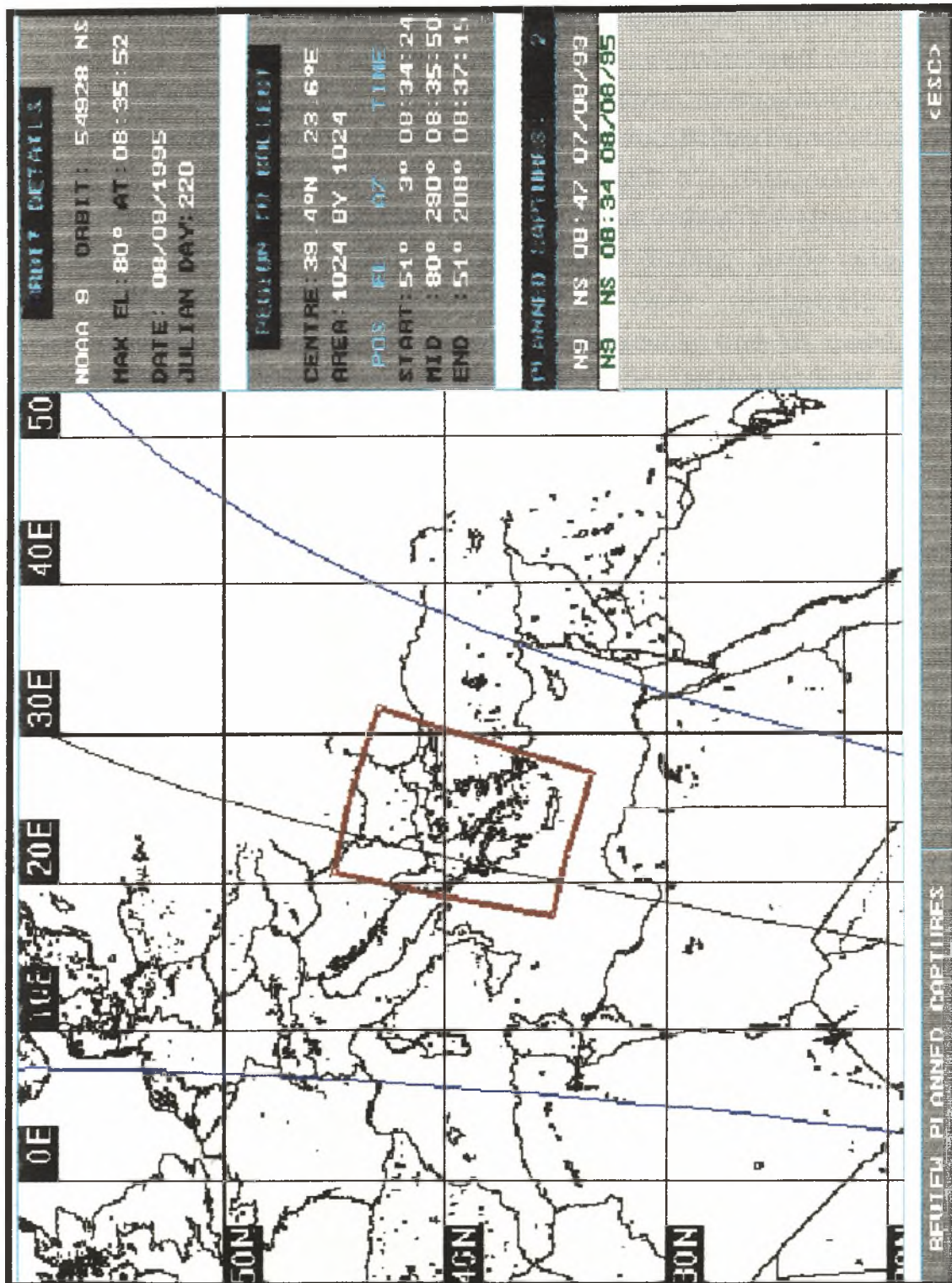
Πίνακας 2.3: Τυπική μορφή αρχείου δεδομένων για τον αυτόματο Μετεωρολογικό Σταθμό του Βελεστίου

A	B	Γ	Δ	Ε	ΣΤ	Z	Η	Θ	Ι	Κ	Λ	Μ
124	14	0	.126	99	1.149	2.438	295.5	0	1009	4.866	7.5	9.03
124	14	100	.311	99.5	.686	1.706	288.1	0	1008	4.851	7.51	9.01
124	14	200	.307	99.7	.566	1.503	285.1	0	1008	4.836	7.36	8.99
124	14	300	.401	99.9	.79	2.346	298.8	.2	1008	4.798	7.4	8.95
124	14	400	.696	99.3	1.12	2.304	316.5	.4	1008	4.758	7.26	8.93
124	14	500	.675	98.1	1.016	1.939	311.5	.6	1008	4.671	7.27	8.91
335	14	600	5.628	2.409								
124	14	600	.681	98.4	1.195	2.565	299.3	.8	1006	4.536	7.29	8.88
124	14	700	1.5	96.3	2.426	4.186	1.652	1.8	1006	4.408	7.14	8.84
124	14	800	2.196	93.2	3.721	6.128	12.22	3.2	1006	4.209	7.07	8.81
124	14	900	2.498	93	4.277	7.39	25.83	3.8	1006	4.081	7.09	8.79
124	14	1000	3.037	91.1	4.819	8.21	24.48	3.8	1006	3.845	6.927	8.73
124	14	1100	3.467	89.8	4.904	8.47	31.05	0	1006	3.578	6.635	8.64
124	14	1200	3.311	89.7	4.933	8.53	29.35	.2	1005	3.579	6.502	8.6
124	14	1300	2.76	90.4	3.917	6.667	23.41	.4	1004	3.803	6.339	8.58
124	14	1400	2.541	90.1	2.449	4.122	10.5	1.2	1004	4.008	6.499	8.53
124	14	1500	2.152	91.4	1.912	3.29	333.9	.8	1003	4.145	6.34	8.49
124	14	1600	1.924	92.1	1.964	3.573	301.8	.4	1003	4.152	6.315	8.43
124	14	1700	2.45	89.1	2.102	3.496	330.5	.2	1003	4.199	6.455	8.38
335	14	1800	23.54	15.98								
124	14	1800	2.759	87.9	1.813	3.094	342.3	.2	1003	4.297	6.364	8.33
124	14	1900	2.633	88.4	2.469	4.007	351.3	.4	1003	4.329	6.341	8.31
124	14	2000	2.97	87.1	2.423	4.035	5.047	.2	1003	4.346	6.327	8.28
124	14	2100	3.18	84.5	3.196	5.145	359	0	1003	4.367	6.375	8.26
124	14	2200	3.327	81.9	3.546	5.783	359	0	1002	4.366	6.417	8.24
124	14	2300	3.447	79.8	3.406	5.477	356.9	0	1002	4.358	6.311	8.23
124	15	0	3.24	79.3	3.234	5.232	358	0	1002	4.357	6.348	8.22
124	15	100	3.169	80	3.353	5.438	358.3	0	1002	4.309	6.324	8.21
124	15	200	3.053	79.9	2.99	4.898	348.7	0	1003	4.305	6.382	8.17
124	15	300	2.779	80.7	3.244	5.297	344.3	0	1003	4.266	6.297	8.15
124	15	400	2.352	82.2	3.419	5.37	356.8	.2	1003	4.155	6.242	8.13
124	15	500	1.759	85.3	2.897	4.87	320.7	0	1004	4.083	6.308	8.1
335	15	600	21.88	1.009								
124	15	600	1.079	90.8	2.291	4.005	308	.2	1003	3.979	6.269	8.09

Ε Π Ε Ξ Η Γ Η Σ Η Σ Τ Η Λ Ω Ν

A	Κωδικός Σταθμού
B	Ιουλιανή ημέρα
Γ	Ωρα (από 00:00 έως 23:00)
Δ	Θερμοκρασία αέρα στα 2 μέτρα (°C)
E	Σχετική Υγρασία αέρα στα 2 μέτρα (%)
ΣΤ	Ταχύτητα ανέμου στο 1.5 μέτρο (m /sec)
Z	Ταχύτητα ανέμου στα 10 μέτρα (m /sec)
Η	Διεύθυνση ανέμου (μοίρες)
Θ	Βροχόπτωση (mm)
Ι	Ατμοσφαιρική πίεση (mb, hPa)
Κ	Θερμοκρασία επιφάνειας (°C)
Λ	Θερμοκρασία σε βάθος 5 cm (°C)
Μ	Θερμοκρασία σε βάθος 10 cm (°C)
Σειρά με κωδικό 335 : Δύο φορές την ημέρα (06:00 και 18:00) τιμές εξάτμισης (mm)	

Εικόνα 2.1: Προγραμματισμός Λήψης Εικόνας NOAA / AVHRR



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Ο ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ (NDVI)

Η διαφορετική ανακλαστικότητα της πράσινης βλάστησης σε τμήματα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (ορατό και κοντινό υπέρυθρο) παρέχει μία καινοτομική μέθοδο παρακολούθησης της επίγειας βλάστησης από το διάστημα. Μέτρο του βαθμού απορρόφησης από τη χλωροφύλλη σε μήκη κύματος του ερυθρού στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα αποτελεί ο δείκτης βλάστησης, ή, όπως καλείται διεθνώς, **NDVI** (**Normalized Difference Vegetation Index**) [11]. Ο δείκτης αυτός εκτιμάται από δορυφορικά δεδομένα, τα οποία, στην πλειοψηφία των επιστημονικών μελετών μέχρι σήμερα, προέρχονται από τη σειρά των μετεωρολογικών δορυφόρων πολιτικής τροχιάς **NOAA/AVHRR**, που διαθέτουν ακτινόμετρα μεγάλης ευκρίνειας (**AVHRR = Advanced Very High Resolution Radiometer**), διακριτική ικανότητα $1 \times 1 \text{ Km}^2$ περίπου και πέντε ζώνες φασματικών συχνοτήτων ορατού και υπέρυθρου. Ο παραπάνω δείκτης εξάγεται και από δορυφορικά δεδομένα του περιβαλλοντικού δορυφόρου **LANDSAT**, που διαθέτει περισσότερα φασματικά κανάλια και μεγαλύτερη διακριτική ικανότητα που φθάνει τα $30 \times 30 \text{ m}$, αλλά προσφέρει πολύ μικρή συχνότητα λήψης και καταγραφής παρατηρήσεων, καθώς και του **SPOT** (Παράρτημα 3, Πίνακες Π3.2 και Π3.3) [29]

Η μαθηματική έκφραση του δείκτη, όσο αφορά στους δορυφόρους **NOAA/AVHRR**, είναι η παρακάτω:

$$\text{NDVI} = \frac{Ch_2 - Ch_1}{Ch_2 + Ch_1} \quad (1)$$

όπου Ch_1 και Ch_2 είναι οι τιμές της ανακλαστικότητας στο ορατό (κανάλι 1, $0.58\text{-}0.68 \mu\text{m}$) και στο κοντινό υπέρυθρο (κανάλι 2, $0.725\text{-}1.1 \mu\text{m}$) κανάλι εκπομπής του δορυφόρου, αντίστοιχα. Δεδομένου ότι η χλωροφύλλη απορροφά ακτινοβολία στο εύρος 0.62 έως $0.7 \mu\text{m}$ και η πράσινη επιφάνεια των φύλλων ανακλά ακτινοβολία στα μήκη από 0.74 έως $1.1 \mu\text{m}$, ο **NDVI**, μπορεί να ειπωθεί, ότι είναι αξιόπιστος δείκτης της πυκνότητας της χλωροφύλλης στο φύλλο καθώς και του ποσοστού πυκνότητας φυλλικής επιφάνειας στο έδαφος. Κατ' επέκταση, αποτελεί αξιόπιστο μέτρο εκτίμησης ξηρής φυτικής ουσίας (βιομάζας) σε εκτάσεις με φυτοκάλυψη διαφόρου είδους.

Ειδικότερα, όταν η ηλιακή ακτινοβολία (0.4 - 2.5 μm) διεισδύει στο φύλλο ενός φυτού, υπόκειται ανάκλαση (με κυριότερη μορφή τη διάθλαση) και απορρόφηση. Η ανάκλαση λαμβάνει χώρα λόγω των διαφορετικών δεικτών διάθλασης μεταξύ των αερίων των μεσοκυττάρων χώρων του φύλλου και των ιδίων των κυττάρων [11,44]. Επίσης κάποιο ποσοστό διάθλασης οφείλεται σε αλληλεπιδράσεις μεταξύ ενδοκυτταρικών συστατικών, όπως μακρομορίων και οργανιδίων (λυσσωμάτων), το οποίο, όμως, ανέρχεται στο 10% μόνο της συνολικής διάθλασης.

Οι χρωστικές των φυτών και το νερό στο μεσόφυλλο απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία στις περιοχές 0.4 - 0.7 μm και 1.3 - 2.5 μm αντίστοιχα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Ακτινοβολία στην πρώτη περιοχή είναι γνωστή στη διεθνή βιβλιογραφία ως PAR (Photosynthetic Active Radiation) ή ενεργός/αποτελεσματική για τη φωτοσύνθεση ακτινοβολία και απορροφάται κυρίως από τη **χλωροφύλλη** (a και b), συστατικό των **χλωροπλαστών** και δευτερευόντως από τα καροτενοειδή. Από την άλλη πλευρά, στην περιοχή 0.7 - 1.3 μm πραγματοποιείται μηδαμινή ή καθόλου απορρόφηση και έτσι κυριαρχούν οι μηχανισμοί ανάκλασης και εκπομπής. Η εκπεμπόμενη ακτινοβολία τελικά είτε απορροφάται ή ανακλάται και διαχέεται διαμέσου της φυτικής μάζας ή στο υπόβαθρο αυτής (έδαφος, ατμόσφαιρα κλπ) [42].

Η φασματική συμπεριφορά της φυτικής κάλυψης στο εύρος 0.4 - 0.7 μm προσφέρει τη δυνατότητα παρακολούθησης από το διάστημα των μεταβολών στα διάφορα στάδια καλλιεργουμένων και μη φυτών, λαμβάνοντας, όμως, υπόψη και την αντίστοιχη συμπεριφορά του γύρω μικροπεριβάλλοντος, π.χ. χώματος. Έτσι, σε γενικές γραμμές, όπως προκύπτει από μελέτες και έρευνες [11,44], τέσσερις είναι οι φασματικές περιοχές που ενδιαφέρουν περισσότερο, διότι σ' αυτές κυριαρχούν πολύ σημαντικά φυσιολογικά φαινόμενα, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.1.

Στις περιοχές 1 και 2 λαμβάνει χώρα η μέγιστη αντίθεση στη φασματική συμπεριφορά ανάμεσα στο γυμνό έδαφος και τη βλάστηση και, πιο συγκεκριμένα, από 0.62 έως 0.68 μm . Στις περιοχές 3 και 4 το διάστημα που ενδιαφέρει για τη μελέτη του NDVI είναι από 0.79 έως 0.9 μm . Έτσι, από τις περιοχές 1 και 2 είναι δυνατό να εξαχθούν συμπεράσματα όσο αφορά στο ρυθμό φωτοσύνθεσης και από τις περιοχές 3 και 4 όσο αφορά στην πυκνότητα της χλωροφύλλης και στο ποσό του φυλλώματος στη φυτική μάζα. Επίσης, η περιοχή 4 παρέχει χρήσιμες πληροφορίες που αφορούν στο περιεχόμενο νερό στα φύλλα, γεγονός άμεσα συνδεδεμένο με

το ρυθμό διαπνοής και, κατ' επέκταση, με την επίδραση αυτού στη φυσιολογική διεργασία της φωτοσύνθεσης. Αυτό συμβαίνει διότι κάθε έλλειμμα νερού στους μεσοκυττάριους χώρους στο φύλλο, κάτω από προκαθορισμένα από το φυτό όρια, συνεπάγεται κλείσιμο των στοματιών για διακοπή διαπνοής, άρα και φωτοσύνθεσης, αφού παρεμποδίζεται η ανταλλαγή αερίων με το μικροπεριβάλλον (CO₂, O₂ κλπ) [11,42,44].

Πίνακας 3.1: Ενδιαφέρουσες φασματικές περιοχές σε σχέση με πολύ σημαντικές φυσιολογικές διεργασίες των φυτικών κυττάρων

1	Απορρόφηση ακτινοβολίας από καροτενοειδή και χλωροφύλλη	μέχρι 0.5 μm
2	Ισχυρή απορρόφηση ακτινοβολίας από χλωροφύλλη	0.62 - 0.7 μm
3	Ανάκλαση ακτινοβολίας από τα κυτταρικά τοιχώματα κυττάρων του μεσοφύλλου	0.74 - 1.1 μm
4	Απορρόφηση ακτινοβολίας από το νερό	1.3 - 2.5 μm

Από όλα τα παραπάνω γίνεται σαφές, ότι ο NDVI αποτελεί ένα δείκτη άρρηκτα συνδεδεμένο με την αύξηση και την ανάπτυξη των φυτών και πρακτικά εφαρμόσιμο μέσω της σύγχρονης τεχνολογίας για την παρακολούθηση της επίγειας βλάστησης από το διάστημα. Η διαχρονική αύξηση της τιμής του σε μελέτες και αναλύσεις χρονοσειρών αντικατοπτρίζει την αύξηση των βιοχημικών και φυσιολογικών ρυθμών ανάπτυξης των φυτών, όπως έντονη βλαστική και αναπαραγωγική ανάπτυξη (ανθοφορία, καρποφορία) λόγω έντονης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, καθώς και ικανοποιητική συσχέτιση με τελική παραγωγή βιομάζας στο τέλος μιας βλαστικής ή καλλιεργητικής περιόδου [43,44]. Αντίθετα, βαθμιαία πτώση στις τιμές του NDVI υποδηλώνει καταπόνηση (stress) από έλλειψη νερού ή υπερβολικά υψηλές για την εποχή ή για τα φυτά θερμοκρασίες, σοκ τα οποία οδηγούν σε μείωση του ρυθμού φωτοσύνθεσης και, τελικά, σε ποιοτική και ποσοτική υποβάθμισή τους (καταπόνηση → μαρανση → ξήρανση → θάνατος). Τέτοιου είδους διεργασίες είναι είτε φυσιολογικές για ένα φυτικό είδος ή βιότυπο ως τμήμα βιολογικών κύκλων ή ενδογενών ρυθμών ανάπτυξης που διαθέτει το φυτό αυτό καθαυτό ή τυχαίες ανωμαλίες, άλλοτε αντιστρεπτές και άλλοτε όχι.

Οι τιμές του NDVI κυμαίνονται θεωρητικά από -1 έως +1, όπως εξάγεται από τη μαθηματική εξίσωση που προαναφέρθηκε [4]. Τιμές άνω του μηδενός υποδηλώνουν ύπαρξη πράσινης βλάστησης (χλωροφύλλης) ή γυμνού εδάφους (τιμές γύρω στο μηδέν), ενώ κάτω του μηδενός δηλώνουν

ύπαρξη νερού, χιονιού, πάγου και νεφών [44]. Ενδεικτικές τιμές για κάθε ένα από τους παραπάνω τύπους φαίνονται στον Πίνακα 3.2

Πίνακας 3.2: Ενδεικτικές τιμές δείκτη βλάστησης σε διάφορες μορφές κάλυψης εδάφους

ΤΥΠΟΣ ΕΔΑΦΟΚΑΛΥΨΗΣ	NDVI
Πυκνή βλάστηση	0.500
Μέτρια πράσινη βλάστηση	0.140
Αραιή βλάστηση	0.090
Γυμνό έδαφος (οργανωμένο ή βραχώδες)	0.025
Νέφη	0.002
Χιόνι και πάγος	-0.046
Νερό	-0.257

Τέλος, τονίζεται ότι ο δείκτης βλάστησης αποτυγχάνει να εκτιμήσει βλάστηση, όταν ο δείκτης LAI (Leaf Area Index, δείκτης φυλλικής επιφάνειας), που είναι μέτρο του ποσοστού της κάλυψης του εδάφους με φύλλωμα, έχει ιδιαίτερα χαμηλές τιμές. Έτσι, όταν η φυτική βλάστηση καλύπτει κάτω από το 20% του εδάφους, η τιμή του NDVI αντικατοπτρίζει τιμές γυμνού εδάφους και άλλων εδαφικών συσσωματωμάτων στην επιφάνεια. Γι' αυτό το λόγο η εκτίμηση βλάστησης σε ξηροφυτικές περιοχές γίνεται αρκετά επισφαλής.

3.1 ΟΙ ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ NOAA / AVHRR

Οι συνθήκες της παρακολούθησης φαινομένων ή στόχων από το διάστημα μέσω μετεωρολογικών δορυφόρων (αποστάσεις καθ' ύψος, γωνίες παρακολούθησης ή αζιμούθιο κλπ) εξαρτώνται άμεσα από τη χρονική στιγμή παρατήρησης καθώς και από τη συχνότητα επανεμφάνισης από το ίδιο σημείο. Οι δορυφόροι που βρίσκονται στο διάστημα σήμερα έχουν συγκεκριμένες και περιοδικές τροχιές, διότι πρέπει μία κυκλική γύρω από τη γη τροχιά να εξασφαλίζει συνεχή και σχεδόν σταθερή διακριτική ικανότητα στο έδαφος [29]. Το ύψος τροχιάς επιλέγεται με βάση τα τεχνικά ραδιομετρικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων, που διαθέτουν οι δορυφόροι (ραδιόμετρα ή ακτινόμετρα). Κατά τη διάρκεια της περιόδου T, που είναι ο χρόνος στον οποίο ο δορυφόρος επανεμφανίζεται στο ίδιο σημείο της τροχιάς του, η γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της. Η προβολή της

τροχιάς του δορυφόρου επάνω στην επιφάνεια της γης είναι μία νοητή συνεχής καμπύλη και το χαρακτηριστικό αυτό προσδίδει στους αντίστοιχους δορυφόρους τον χαρακτηρισμό **δορυφόροι πολικής τροχιάς**. Επιπλέον, όταν συμβαίνει οι τροχιές να ακολουθούν την κίνηση του ηλίου, τότε χαρακτηρίζονται **ηλιοσύγχρονοι δορυφόροι** και τέτοιου τύπου είναι η σειρά των μετεωρολογικών δορυφόρων αμερικανικής τεχνολογίας **NOAA / AVHRR (National Oceanographic and Atmospheric Administration / Advanced Very High Resolution Radiometer)**.

Το AVHRR είναι ένα μετεωρολογικό ραδιόμετρο προσαρτημένο στο σκελετό του NOAA και καλά προσαρμοσμένο για λήψη παρατηρήσεων, που έχουν άμεση εφαρμογή στην παρακολούθηση της επίγειας βλάστησης. Η ιστορία του είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ιστορία των 32 μετεωρολογικών δορυφόρων, που εκτοξεύθηκαν από τις ΗΠΑ από το 1960. Εκείνη την εποχή υπήρχε κατά σειρά ένα σύνολο 10 πρωτοτύπων δορυφόρων για τηλεοπτική χρήση και υπέρυθρη παρακολούθηση με την ονομασία TIROS (Television and Infra-Red Observations Satellites), καθώς επίσης και επιχειρησιακής και ερευνητικής εφαρμογής, όπως οι ITOS, TOS και TIROS-N και NOAA [44]. Οι πρώτοι τέτοιοι δορυφόροι ήταν εφοδιασμένοι με τηλεοπτικές κάμερες για το ορατό τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και με σαρωτές υπέρυθρης. Με την εκτόξευση του ITOS-D το 1972 το πρώτο VHRR ακτινόμετρο τοποθετήθηκε σε τροχιά και η κύρια αποστολή του ήταν η καταγραφή αναλογικού σήματος και η επανεκπομπή του στη γη. Επιλέον 3 VHRR εκτοξεύθηκαν τα επόμενα 4 χρόνια.

Το 1978 εκτοξεύθηκε ο TIROS-N, που έφερε το πρώτο AVHRR με 4 κανάλια. Το 1979 εκτοξεύθηκε ο πρώτος NOAA, ο NOAA-6, και το 1988 ο NOAA-11, ο οποίος ένα μήνα αργότερα αντικατέστησε το NOAA-9. Τα παραπάνω παρατίθενται περιληπτικά στον Πίνακα 3.3. Μέχρι σήμερα οι NOAA 9, 10 εκπέμπουν σχεδόν άψογα και με τα λιγότερα τεχνικά προβλήματα (service κλπ) από τους υπόλοιπους της σειράς [29].

Κάθε ένας από τους NOAA / AVHRR διαθέτει μία κυκλική πολική και ηλιοσύγχρονη τροχιά με περίοδο 101 - 103 λεπτά. Η μέση γωνία ανάμεσα στο επίπεδο τροχιάς και ισημερινού είναι 81°. Παρόλο που περνούν πάνω από τον ισημερινό την ίδια ώρα κάθε ημέρα, το Γεωγραφικό Μήκος της προβολής επάνω στον ισημερινό μετατοπίζεται κατά λίγες μοίρες, έτσι ώστε μόνο κάθε 9 ή 10 ημέρες το πέρασμα να είναι πάνω από το ίδιο σημείο, με Γ. Μήκος σταθερό και προκαθορισμένο για κάθε ένα NOAA. Πετούν σε ύψος 830-850 χλμ. Για τους NOAA με άρτιο αριθμό, πχ NOAA-12, η πρωινή

διέλευση επάνω από τον ισημερινό (07:30 LST: Local Solar Time, αληθής ηλιακός χρόνος) πραγματοποιείται με κατεύθυνση από βορρά προς νότο και το απογευματινό (15:00 LST) από νότο προς βορρά. Αντίθετα, αυτοί με περιττό αριθμό, πχ NOAA-9, διέρχονται από τον ισημερινό γύρω στις 15:00 LST με κατεύθυνση από νότο προς βορρά. Οι παραπάνω ώρες είναι ονομαστικές και μετατοπίζονται συνεχώς όσο μεγαλώνει η ηλικία του εκάστοτε δορυφόρου.

Πίνακας 3.3: Καταγραφή των εκτοξεύσεων των δορυφόρων NOAA / AVHRR

ΔΟΡΥΦΟΡΟΣ	ΕΚΤΟΞΕΥΣΗ	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (SERVICE)
TIROS-N	Οκτώβριος 1978	Δεκέμβριος 1979
NOAA-6	Ιούνιος 1979	Μάρτιος 1983
NOAA-7	Ιούνιος 1981	Ιανουάριος 1985
NOAA-8	Μάρτιος 1983	Ιούνιος 1984
NOAA-9	Δεκέμβριος 1984	Οκτώβριος 1988
NOAA-10	Σεπτέμβριος 1986	Σεπτέμβριος 1991
NOAA-11	Σεπτέμβριος 1988	Σεπτέμβριος 1994 (Απόσυρση)
NOAA-12	Σεπτέμβριος 1991	—
NOAA-13	1993	Ιανουάριος 1995 (Γτώση και αντικατάσταση από NOAA-14)

Η συχνότητα λήψης παρατηρήσεων από τον NOAA εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής που ενδιαφέρει για τη λήψη εικόνας [29]. Κατά μέσον όρο, σε περιοχές που βρίσκονται κοντά στους πόλους υπάρχουν 10-12 διελεύσεις την ημέρα. Τη χρονική στιγμή μετά την ολοκλήρωση της λήψης των δεδομένων ο δορυφόρος εκπέμπει τα δεδομένα στη γη σε μορφή, που είναι γνωστή ως High Resolution Picture Transmission (HRPT). Αυτή η μορφή δεν είναι άμεσα χρησιμοποιήσιμη και γι'αυτό τα δεδομένα καταγράφονται από τους επίγειους σταθμούς σε άλλη μορφή (format), που παράγεται από την πρωταρχική και καλείται κάλυψη τοπικής περιοχής (LAC : Local Area Coverage) ή γενικότερης περιοχής (GAC : Global Area Coverage). Το μέγιστο εύρος (swath) που μπορεί να καλύψει κατά τη διέλευσή του ένας NOAA είναι περίπου 2700 χλμ με μέγιστη γωνία (elevation) $\approx 56^\circ$. Εδώ σημειώνεται, ότι για μία περιοχή η ποιότητα της ψηφιακής εικόνας, που παράγεται εξαρτάται από το εύρος, που προαναφέρθηκε και επίσης από τη μέγιστη γωνία ύψους (angle). Αυτή είναι η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στην ευθεία που ενώνει το δορυφόρο

και το συγκεκριμένο σημείο στο εύρος σάρωσης στη γη σε μία χρονική στιγμή και στην εφαπτόμενη στο σημείο αυτό. Όπως γίνεται φανερό, η γωνία αυτή μεταβάλλεται με το χρόνο με σχέση που εξαρτάται από τις συντεταγμένες της περιοχής. Είναι επιθυμητό να είναι μέγιστη κατά τη διάρκεια της σάρωσης με κορύφωση κάποια χρονική στιγμή περί το μέσο της εκπομπής των δεδομένων. Η γωνία μεγιστοποιείται όταν η τροχιά του δορυφόρου έχει την προβολή της μέσα στην περιοχή που πραγματοποιείται η σάρωση. Σε περιπτώσεις με πολύ μικρές γωνίες ($< 40^\circ$) η γεωμετρική μετατόπιση είναι σημαντική και επιδρά αρνητικά στην πιστότητα των δεδομένων [29,44]. Αυτό σημαίνει, ότι κάθε μοναδιαίο σημείο σάρωσης στη γη (pixel=picture element), το οποίο στη διακριτική ικανότητα του NOAA έχει εμβαδό $1.1 \times 1.1 \text{ χλμ}^2$, δεν αντιστοιχεί σε σημείο με πραγματικές γεωγραφικές συντεταγμένες, αλλά είναι μετατοπισμένο σε βαθμό αντιστρόφως ανάλογο της γωνίας κλίσης. Η τεχνική αυτή δυσκολία απαλείφεται με μία διαδικασία μέσω ειδικών προγραμμάτων από Η/Υ που καλείται **γεωγραφική διόρθωση, ανόρθωση ή ορθοπροβολή** και επαναφέρει τα pixels στη σωστή γεωγραφική τους θέση, δηλαδή τα μετατοπίζει στις ακριβείς γεωγραφικές συντεταγμένες. Στην πράξη, πολύ ικανοποιητικές γωνίες λήψης για καλή πιστότητα δεδομένων χωρίς μεγάλες μετατοπίσεις θεωρούνται αυτές που κυμαίνονται στα όρια από 60 έως 85° . Μία συνοπτική εικόνα των τεχνικών χαρακτηριστικών του NOAA / AVHRR δίδεται στον Πίνακα 3.4

Πίνακας 3.4: Τεχνικά χαρακτηριστικά των δορυφόρων NOAA / AVHRR

ΤΥΠΟΣ ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΟΥ	Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)				
ΤΥΠΟΣ ΔΟΥΡΥΦΟΡΟΥ	Πολικής Τροχιάς - Ηλιοσύγχρονος				
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΤΡΟΧΙΑΣ	850 χλμ				
ΜΕΣΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΤΡΟΧΙΑΣ	102 λεπτά				
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΠΑΝΕΜΦΑΝΙΣΗΣ	9.2 ημέρες				
ΔΙΕΛΕΥΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΙΣΗΜΕΡΙΝΟ	ΚΑΘΟΔΙΚΗ ΑΝΟΔΙΚΗ (B->N) (N->B) 07:30 LST 19:30 LST (NOAA-6, 8, 10, 12) 14:30 LST 02:30 LST (NOAA-7, 9, 11, 13)				
ΕΥΡΟΣ ΓΩΝΙΑΣ ΣΑΡΩΣΗΣ ΣΕ ΜΕΓΙΣΤΟ ΠΛΑΤΟΣ 2700 χλμ	$\pm 55.4^\circ$				
ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ	1.1 χλμ (pixel στο ναδίρ)				
ΚΑΝΑΛΙΑ	1	2	3	4	5
ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ (μm)	0.58-0.68	0.725-1.1	3.55-3.93	10.5-11.3	11.5-12.5
	ορατό	κοντινό	μέσο	θερμικό	θερμικό
		υπέρυθρο	υπέρυθρο	υπέρυθρο	υπέρυθρο
	(VIS)	(NIR)	(MIR)	(TIR)	(TIR)

3.2 ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ NDVI ΑΠΟ ΝΟΑΑ/ΑΝΗΡΡ

Οι εφαρμογές του NOAA βασίζονται όχι μόνο στη χρήση του NDVI, αλλά και άλλων δεδομένων και δεικτών που εξάγονται από τα πρωταρχικά δεδομένα και οι βασικότερες παρατίθενται στη συνέχεια.

3.2.1 Εκτίμηση βλάστησης σε συνάρτηση με συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης για αποφυγή λιμών (Famine Early Warning Systems, FEWS)

Στα συστήματα ανάλυσης χλωρίδας μέσω μελετών με χρήση του NDVI εντάσσονται περιοχές επιρρεπείς σε επεισόδια ξηρασίας με ενδημικό χαρακτήρα, ιδίως σε περιοχές της Αφρικής (Σενεγάλη, Μάλι, Νιγηρία, Σουδάν, Αιθιοπία, Σομαλία κ.ά.) στις οποίες διακρίνεται σαφώς η μετάβαση από υγρές σε ξηρές συνθήκες γεγονός που επηρεάζει άμεσα την επίγεια βλάστηση. Οι τεχνικές των FEWS βασίζονται στον εντοπισμό των αλλαγών στις τιμές του δείκτη βλάστησης κατά τη διάρκεια δεδομένων βλαστικών σταδίων καλλιεργειών [29,43,44]. Δεδομένου ότι γενικά τιμές NDVI > 0.05 μεταφράζονται σε βλάστηση που αρχίζει να φυτρώνει, οι περιοχές στις οποίες η βλαστική ανάπτυξη έχει ήδη αρχίσει είναι δυνατό να παρακολουθηθούν σε ευρεία κλίμακα. Η παρακολούθηση της ανάπτυξης της βλάστησης από τον NOAA μέσω των παραπάνω συστημάτων προειδοποίησης δίνει τη δυνατότητα εντοπισμού περιοχών όπου τυχόν χλώρωση ή μάρανση έχει λάβει χώρα μέσα στο αμέσως προηγούμενο δεκαήμερο από τη χρονική περίοδο που μελετάται ο δείκτης. Έναρξη περιόδου βλάστησης, πρασίνισμα, στρες από ξηρασία είναι γεγονότα που μπορούν να εντοπισθούν και να χαρτογραφηθούν σε μεγάλες εκτάσεις, όπου άλλες πηγές πληροφοριών όσο αφορά στην υπάρχουσα βλάστηση είναι σπάνιες ή ανύπαρκτες. Έτσι, οι παραπάνω πληροφορίες αξιοποιούνται σε συνδυασμό με αποθέματα σπόρων και τροφίμων, τιμές διάθεσης στην αγορά κλπ, ούτως ώστε να ελαχιστοποιούνται οι δυσκολίες των τοπικών πληθυσμών.

Ένας άλλος τύπος εκτίμησης μπορεί να πραγματοποιηθεί συγκρίνοντας εικόνες NDVI μίας χρονικής περιόδου με αντίστοιχες προηγούμενων ετών έτσι ώστε να εντοπίζονται ευνοϊκές ή όχι συνθήκες ή στη χειρότερη περίπτωση, σενάρια και μέθοδοι εντοπισμού ακραίων φαινομένων ξηρασίας ή περιπτώσεων με μέσο όρο κάτω από τον φυσιολογικό για δεδομένους τύπους βλάστησης [11,13,44].

3.2.2 Έρευνες NDVI-βιομάζας και παραγωγής καλλιεργειών

Τέτοιου είδους έρευνες και μελέτες έχουν κύριο στόχο την ανάπτυξη σχέσεων μεταξύ αθροιστικών τιμών του δείκτη βλάστησης και βιομάζας (παραγωγής) στο τέλος μίας καλλιεργητικής περιόδου [21]. Αυτές οι σχέσεις ποικίλουν σε ακρίβεια και πιστότητα και εξαρτώνται από την ομοιογένεια των καλλιεργειών μέσα σε ένα ρίχει των 1210 περίπου στρεμμάτων, δηλαδή εάν εμπλέκονται περισσότερες της μίας καλλιέργειας σε σημαντικό βαθμό, που να εμποδίζουν την ομοιογένεια των εξαγομένων συμπερασμάτων. Πάντως τέτοια προβλήματα ξεπερνιούνται σε κάποιο βαθμό με την παραδοχή, ότι εάν η προς μελέτη καλλιέργεια καταλαμβάνει έκταση μεγαλύτερη του 50% του εμβαδού του ρίχει, το τελευταίο μελετάται ως μία ολότητα [44].

Εφόσον ο δείκτης βλάστησης είναι ανάλογος της αύξησης βάρους, δηλαδή βιομάζας από μέρους του φυτού, οι καμπύλες συσσωρευτικού δείκτη για μία καλλιεργητική περίοδο σχετίζονται με την αύξηση της βιομάζας των καλλιεργειών [44]. Βέβαια, η βιομάζα ενός φυτού είναι διαμερισμένη στα διάφορα τμήματά του, όπως στα φύλλα, τα στελέχη, τις ρίζες, τους καρπούς και τα σπέρματά τους. Για οποιαδήποτε καλλιέργεια ο συσσωρευτικός δείκτης βλάστησης σχετίζεται με τη δυνητική παραγωγή στο τέλος του βιολογικού της κύκλου, με την προϋπόθεση, ότι η καλλιέργεια απολαμβάνει την άριστη φροντίδα από τον παραγωγό, απουσία ζιζανίων, εντόμων, ασθενειών, ακραίων φαινομένων και δυσχερειών κατά τη συγκομιδή [11,29]. Συνήθως ο δείκτης βλάστησης μελετάται σε χρονοσειρές πολλών ετών, οπότε υπάρχει και η καλλίτερη δυνατή συχέτιση με την παραγωγή βιομάζας.

3.2.3 Σχέσεις Δείκτη Βλάστησης και βροχόπτωσης

Εφόσον ο NDVI αντιπροσωπεύει συνθήκες βλάστησης, ένα από τα κύρια πεδία ερευνών αφορά στη συσχέτισή του με τη βροχόπτωση, σε περιοχές που αυτή αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για βλάστηση, ανάπτυξη και αύξηση των φυτών. Αυτό συμβαίνει σε ημίξηρες περιοχές κυρίως της αφρικανικής ηπείρου όπου το ετήσιο ύψος βροχής κυμαίνεται από 600 έως 800 mm και οποιοδήποτε επιπλέον επίπεδο είναι κρίσιμο και άκρως ζωτικό και με τοπικό χαρακτήρα [11].

Στην πράξη αυτό που εφαρμόζεται είναι συσχέτιση αθροιστικού NDVI και αθροιστικής βροχόπτωσης σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους και όχι

τιμών ύψους βροχής σε διαστήματα, αφού από μόνος του ο παράγοντας ύψος βροχής δεν είναι καλός δείκτης στη σχέση του με ανάπτυξη φυτών [11,21]. Ειδικότερα, μελετώνται σχέσεις μεγίστου μηνιαίου δείκτη και συσσωρευτικής βροχόπτωσης του τρέχοντα και των προηγούμενων δύο μηνών (πειράματα στην Α. Αφρική, 1982-1985). Αποδεικνύεται, ότι υπάρχει στενή συσχέτιση η οποία ποικίλει ανάλογα με την ορογραφία της περιοχής. Κατ' αυτόν τον τρόπο προκύπτουν διαγράμματα όπου οι καμπύλες δεν αναπαριστούν γραμμική, αλλά λογαριθμική συμμεταβολή. Η συμμεταβολή είναι δυνατότερη σε περιοχές με ξηροφυτικές συνθήκες παρά σε πιο υγρές [11].

Τέλος, έχουν αναπτυχθεί δείκτες όπως ο λόγος NDVI / ύψος βροχής, ο οποίος αντικατοπτρίζει την αποτελεσματικότητα χρήσης του βρόχινου νερού από τα φυτά και παρουσιάζεται υψηλότερος σε περιοχές με σχετικά μικρά αποθέματα εδαφικής υγρασίας [44].

3.2.4 Επιδρομές ακρίδων και έλεγχός τους με χρήση NDVI

Ο έλεγχος των πληθυσμών των ακρίδων με χρήση σύγχρονων μεθόδων τηλεπισκόπησης βασίζεται στις ίδιες τεχνικές που περιγράφηκαν πιο πάνω. Οι αλλαγές του δείκτη βλάστησης παρακολουθούνται και εντοπίζονται περιοχές με περίεργη ανάπτυξη χαμηλής βλάστησης εκτός εποχής, δηλαδή ύπαρξη χλωροφύλλης σε σημεία που προηγούμενες χρονιές δεν εμφανιζόταν και, λόγω διαπνοής, ανάπτυξη ευνοϊκών συνθηκών σχετικής υγρασίας [44]. Δεδομένου ότι τέτοιες περιοχές είναι ιδανικές για ωοτοκία και ανάπτυξη νέων βιολογικών κύκλων (περιοχές υψηλής επικινδυνότητας) και με συνδυασμένη εντομολογική γνώση για τις βιοθέσεις και τις συνθήκες ορισμένων ειδών ακρίδων, εκτιμούνται πιθανές πληθυσμιακές εκρήξεις. Το γεγονός αυτό έχει δύο βασικά πλεονεκτήματα : πρώτον, ότι αποκλείονται με μεγάλο ποσοστό βεβαιότητας από την παρακολούθηση και μελέτη τεράστιες εκτάσεις, που δεν παρουσιάζουν τα παραπάνω χαρακτηριστικά και, δεύτερον, ο έλεγχος των πληθυσμών πραγματοποιείται γρηγορότερα, ασφαλέστερα και ακριβέστερα. Για παράδειγμα, την περίοδο 1980-81 επιδημία ακρίδων επηρέασε περιοχή έκτασης 600000 χλμ² στο Μάλι, τη Νιγηρία και την Αλγερία. Εάν υπήρχε τότε ένα σύστημα παρακολούθησης επίγειας βλάστησης μέσω εικόνων NDVI, τα μέτρα αντιμετώπισης του φαινομένου θα ήταν απαραίτητα μόνο για το 1:1000 της παραπάνω έκτασης (600 χλμ²). Αυτό θα σήμαινε οικονομία σε χρήμα, χρόνο και υψηλή αποτελεσματικότητα.

Εδώ πρέπει να τονισθεί η μεγάλη χρησιμότητα των δεδομένων των AVHRR, τα οποία παρά τη σχετικά μικρή διακριτική ικανότητα του δορυφόρου, προσφέρουν μεγαλύτερη συνολική έκταση ανά εικόνα σε σχέση με αντίστοιχες εικόνες SPOT ή LANDSAT και φυσικά καλύτερη χρονική επανεμφάνιση. Έτσι, παρακολουθούνται ταυτόχρονα πολλά έθνη και το συνολικό κόστος διαδοχικών ψηφιακών εικόνων είναι πολύ πιο μικρό από εκείνο αντιστοίχων εικόνων από τους παραπάνω περιβαλλοντικούς δορυφόρους, οι οποίοι υπερτερούν μεν σε ανάλυση μοναδιαίας επιφάνειας (pixel), υστερούν δε σε χρονική περίοδο επανεμφάνισης πάνω από την ίδια περιοχή (16 ημέρες ο LANDSAT και 26 ο SPOT). Εξάλλου ο παράγοντας διακριτική ικανότητα δεν ενδιαφέρει ιδιαίτερα στην παρούσα περίπτωση, αφού δεν απαιτείται εστίαση σε συγκεκριμένα σημεία, αλλά κάλυψη πολύ μεγάλων εκτάσεων, που είναι δυνατό να μην περιορίζονται ούτε από σύνορα κρατών. Αντίθετα, η χρήση δεδομένων από SPOT ή LANDSAT είναι επισφαλής, διότι υπάρχει ο κίνδυνος δραματικών αλλαγών στην επίγεια βλάστηση από τη δράση των ακρίδων στο μεσοδιάστημα των 16 ή 26 ημερών κατά το οποίο δεν υπάρχει δορυφορική λήψη [29].

Η χρήση, δηλαδή, του δείκτη βλάστησης από NOAA / AVHRR είναι ιδανική για συστήματα πρόγνωσης εντομολογικών εξάρσεων με τεράστιους πληθυσμούς, όπως στην προκειμένη περίπτωση των ακρίδων και είναι δυνατό να εντάσσεται σε προγράμματα ολοκληρωμένης διαχείρισης εχθρών γεωργικής παραγωγής (I.P.M. = Integrated Pest Management) για οικονομική και ορθολογική αντιμετώπισή τους στα ευρύτερα πλαίσια μιας μορφής γεωργίας κατά το δυνατό φιλικής προς το οικοσύστημα [7,11,42,44].

3.2.5 Δείκτης Βλάστησης και Εκδασώσεις

Είναι παγκοσμίως γνωστή η απειλή των δασών από καιροσκοπικές δραστηριότητες που έχουν σκοπό μόνο οικονομικά οφέλη και καταπατούν καθημερινά εκατομμύρια εκτάρια δασικών εκτάσεων. Είναι λυπηρό, αλλά πραγματικότητα, το γεγονός ότι μία από τις πολλές εφαρμογές της τεχνολογίας των AVHRR είναι η παραγωγή ετήσιας αναφοράς για τις περιοχές εκείνες που εκδασώνονται και στην πλειοψηφία τους είναι παρθένα τροπικά δάση [44]. Σ' αυτές τις περιοχές η νεφοκάλυψη είναι αρκετά συχνή, λόγω της συμπύκνωσης των υδρατμών που προέρχονται από τα τεράστια ποσά νερού που αποβάλλονται μέσω των διεργασιών της διαπνοής και αναπνοής των φυτών και σε συνδυασμό με τα νέφη καπνού που αναδίδονται από τις συχνές πυρκαγιές δημιουργεί μία θολή εικόνα, η

οποία επιδρά στην καθαρότητα της ψηφιακής εικόνας του δορυφόρου. Πάντως, υψηλής ανάλυσης όργανα σπάνια προσφέρουν καθαρή άποψη των παραπάνω περιοχών [46]. Τα AVHRR διαθέτουν συχνές τροχιές πάνω από τροπικά δάση και μπορούν μερικές φορές να παράσχουν δεδομένα από καθαρά τμήματα ευρύτερων περιοχών διαμορφώνοντας, έτσι, μωσαϊκά περιοχών τουλάχιστο μία φορά το χρόνο.

3.2.6 NOAA και Δείκτες Δασικής Πυρκαγιάς

Ένα μεγάλο μερίδιο στις αιτίες της εξαφάνισης των τροπικών, και όχι μόνο, δασών στη γη κατέχουν οι πυρκαγιές, οι οποίες είναι εύκολα ορατές από το AVHRR, όχι τόσο στο κανάλι 1 (ορατό), αλλά στο 3 (μέσο υπέρυθρο). Το κανάλι 3 θα ήταν ιδανικό για τον εντοπισμό των πυρκαγιών, εάν δεν ήταν τόσο επιρρεπές στο θόρυβο ή σφάλματα στην ποιότητα της ψηφιακής πληροφορίας, διότι το μήκος κύματος εκπομπής εδώ είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο σε θερμοκρασίες τυπικές των πυρκαγιών [13,29].

Το κανάλι 3 λειτουργεί στη μέση υπέρυθρη (mid-infra-red) περιοχή του φάσματος. Αυτό σημαίνει, ότι ακόμη και μία μικρή φωτιά σε θάμνους με έκταση πολύ μικρότερη από 1 χιλιόμετρο, λόγω της υψηλότερης από το γύρω υπόβαθρο του ρίχει θερμοκρασίας λαμπρότητας, δηλαδή εκτίμησης της επιφανειακής θερμοκρασίας, αυξάνει τη μέση τιμή του συγκεκριμένου ρίχει, αφού η εκπεμπόμενη ακτινοβολία είναι υψηλότερη από ότι θα ήταν, εάν δεν υπήρχε πυρκαγιά. Δυστυχώς, το κανάλι 3 από μόνο του αποδεικνύεται μη ικανοποιητικό για τον εντοπισμό σημείων με αφύσικα υψηλές θερμοκρασίες και αδρανοποιείται για θερμοκρασίες πάνω από 30°C, ιδίως σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές. Γίνεται, λοιπόν, συνδυασμένη χρήση του 3 και του 4 (θερμικό υπέρυθρο), διότι το 3 είναι ευαίσθητο στις πυρκαγιές και το 4 σχετικά αδρανές σε ακτινοβολίες σε θερμοκρασίες τυπικές των πυρκαγιών [13,44].

Ο καλλίτερος σήμερα γνωστός αλγόριθμος αναφέρεται σε εργασίες του Kaufman et al [44]. Βασίζεται στη μετατροπή των δεδομένων των δύο πιο πάνω καναλιών, δηλαδή των (ανακλαστικότητων), σε ισοδύναμες τιμές θερμοκρασίας λαμπρότητας (brightness temperature). Σύμφωνα με τον παραπάνω αλγόριθμο, εκτιμάται η ύπαρξη πυρκαγιών όταν οι θερμοκρασίες λαμπρότητας και στα δύο κανάλια υπερβαίνουν προκαθορισμένα όρια και ταυτόχρονα οι τιμές στο 3 είναι μεγαλύτερες από αυτές του 4 κατά συγκεκριμένο ποσό [44]. Τα σημεία με υπερβολικά για την εποχή και την

περιοχή (ορογραφία κλπ) επίπεδα θερμοκρασιών επιφάνειας χαρακτηρίζονται ως “θερμές κηλίδες” (hot spots).

Τα δεδομένα από τα AVHRR των NOAA είναι ανεκτίμητα, λόγω της υψηλής συχνότητας επανεμφάνισης των δορυφόρων, ενώ το αντίθετο συμβαίνει με τα δεδομένα από SPOT και LANDSAT, τα οποία δεν είναι επιχειρησιακά χρησιμοποιήσιμα στην περίπτωση πυρκαγιών. Εφαρμογές των δεικτών εντοπισμού πυρκαγιών απαντώνται σε διάφορες περιοχές του κόσμου, όπως στην Αυστραλία. Βασίζονται σε παρακολούθηση της βλάστησης με τη χρήση του δείκτη βλάστησης NDVI στις περιοχές αυτές, στις οποίες επικρατούν ξηροθερμικές συνθήκες και φυσικό είναι να χαρακτηρίζονται από υψηλό δείκτη επικινδυνότητας αυτανάφλεξης. Κατά τη χρονική στιγμή που η βλάστηση γίνεται ιδιαίτερα ξηρή (χαμηλές τιμές NDVI υποδηλώνουν χαμηλή πυκνότητα χλωροφύλλης) εκδίδονται από το κράτος δελτία προειδοποιήσεων σε μορφή χαρτών για επικείμενες πυρκαγιές με διάφορα επίπεδα επικινδυνότητας ανάλογα με το μικροκλίμα της κάθε περιοχής και ιδιαίτερα με το χρονικό διάστημα που η βλάστηση έχει παραμείνει ξηρή [13,21]. Τελικά είναι δυνατό να χρησιμοποιούνται και εικόνες δείκτη βλάστησης μετά από μία ήδη πραγματοποιηθείσα πυρκαγιά, με σκοπό την εκτίμηση της έκτασης της πληγείσας περιοχής και την ταυτοποίησή της με τη χρήση άλλων επίγειων στοιχείων.

3.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

3.3.1 Επεξεργασία δορυφορικών δεδομένων

Η πρώτη φάση επεξεργασίας περιλαμβάνει την εξαγωγή του NDVI από τις διαδοχικές εικόνες οι οποίες απομονώθηκαν για το οκτάμηνο. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού που συνοδεύει το πρόγραμμα λήψης και πρωτογενούς επεξεργασίας εικόνας. Ο τρόπος υπολογισμού βασίζεται, φυσικά, στη μαθηματική εξίσωση που συνδυάζει τις ανακλαστικότητες στα κανάλια 1 και 2, δηλαδή $NDVI = (Ch2 - Ch1) / (Ch2 + Ch1)$. Κατ' αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκε μία νέα βάση δεδομένων μεγέθους επίσης 200 εικόνων, η πληροφόρηση των οποίων ήταν τιμές στην κλίμακα από 0 έως 255 με την αντιστοίχιση υψηλών τιμών σε υψηλό δείκτη βλάστησης και το αντίστροφο στην κλίμακα από -0.3 έως +0.7. Ο πίνακας της αντιστοίχισης αυτής, ο οποίος εμπεριέχεται και στη δομή του προγράμματος, δίδεται στο Παράρτημα 3. Η κλίμακα 1-255

αντιστοιχεί σε όμοια κλίμακα με διαβαθμίσεις του πράσινου χρώματος από βαθύ για τις χαμηλές τιμές έως πολύ ανοικτό για τις υψηλές.

Το δεύτερο στάδιο επεξεργασίας αφορά στην ορθοπροβολή όλων των εικόνων NDVI που παράχθηκαν στις ίδιες γεωγραφικές συντεταγμένες με σκοπό, όπως προαναφέρθηκε, την αναγωγή τους στην ίδια μετατόπιση των pixels για την καλύτερη επεξεργασία τους. Οι συντεταγμένες αυτές ήταν οι εξής: Β.Γ. Πλάτος από 35°00' έως 42°00' και Α.Γ. Μήκος από 18°00' έως 29°00'. Κατ' αυτόν τον τρόπο παράγονται 200 ομοιόμορφες εικόνες, οι οποίες διέφεραν μόνο ως προς την τιμή κάθε pixel. Η διαδικασία της ορθοπροβολής πραγματοποιήθηκε επίσης μέσω του προγράμματος δευτερογενούς επεξεργασίας εικόνας και παραγωγών αυτής και περιγράφεται εκτενέστερα στο Παράρτημα 2.

Η τρίτη και σημαντικότερη φάση επεξεργασίας των δορυφορικών εικόνων έχει στόχο την εξαγωγή άλλων συνθετικών εικόνων με μέγιστες τιμές ενός δεκαημέρου. Δηλαδή, ανά 10 εικόνες NDVI γίνονται συγκρίσεις τιμών ενός προς ένα pixel της εικόνας και αποθηκεύονται οι τιμές της ημέρας του δεκαημέρου, οι οποίες είναι υψηλότερες από όλες τις υπόλοιπες των 9 ή 10, εάν πρόκειται για τρίτα δεκαήμερα μηνών με 31 ημέρες. Η διαδικασία αυτή έχει ως τελικό αποτέλεσμα την παραγωγή από 1-3-94 έως 31-10-94 εικοσιτεσσάρων συνθετικών εικόνων, όσα ακριβώς είναι και τα δεκαήμερα για τα οποία πραγματοποιείται η μελέτη. Η δημιουργία των δεκαημέρων αφορά στην καλύτερη μελέτη της φαινολογίας των καλλιεργειών, που εξετάζονται και την καλύτερη επεξεργασία με τη βοήθεια άλλων μετεωρολογικών δεικτών που μελετώνται. Οι εικόνες όλων των δεκαημέρων παρατίθενται στο Παράρτημα 1 .

Τελικά, από όλες τις παραπάνω εικόνες δεκαημέρων όλης της Ελλάδας επιλέγεται η περιοχή της Θεσσαλίας, που περιλαμβάνει τους 9 αυτόματους μετεωρολογικούς σταθμούς. Στη συνέχεια επιλέγονται περιοχές έκτασης 3x3 pixels (περίπου 11.000 στρέμματα) με το κεντρικό pixel να αντιστοιχεί στις συντεταγμένες του κάθε σταθμού και υπολογίζεται μία μέση τιμή NDVI από τα 9 pixels. Έτσι, για κάθε εικόνα δεκαημέρου και για κάθε περιοχή υπολογίζεται η μέση μέγιστη τιμή NDVI και κατασκευάζονται καμπύλες χρονοσειρών με τη διακύμανση του δείκτη βλάστησης στο οκτάμηνο Μάρτιος-Οκτώβριος 1994. Οι καμπύλες αυτές χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για την ταυτοποίηση των φαινολογικών σταδίων, σε όποιες καλλιέργειες ήταν εφικτό, και κατά δεύτερο λόγο για την εξεύρεση σχέσεων με διάφορους μετεωρολογικούς δείκτες, οι οποίοι μελετώνται

επίσης σε χρονοσειρές ανά δεκαήμερο και περιγράφονται σε επόμενη παράγραφο.

3.3.2 Επεξεργασία μετεωρολογικών δεδομένων

Όπως ήδη προαναφέρθηκε, η τυπική μορφή των μετεωρολογικών στοιχείων τα οποία συλλέγονται από τους αυτόματους σταθμούς περιλαμβάνει διάφορες παραμέτρους, από τις οποίες στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούνται μόνο τρεις: η θερμοκρασία αέρα, η σχετική υγρασία αέρα και η βροχόπτωση.

Από τα σειριακά αρχεία των δεδομένων των σταθμών, τα οποία διαθέτει το Εργαστήριο Αγρομετεωρολογίας απομονώνονται οι στήλες, οι οποίες περιέχουν τις παραπάνω μεταβλητές σε ωριαίες τιμές μέσω ειδικού προγράμματος λογισμικού. Έτσι, για κάθε σταθμό παράγονται αρχεία με τις συγκεκριμένες μεταβλητές συνολικά για κάθε μήνα και έτοιμα για περαιτέρω επεξεργασία, που περιγράφεται στη συνέχεια. Πρέπει να τονισθεί, ότι υπάρχουν μεμονωμένες περιπτώσεις για κάποιους σταθμούς για τους οποίους είτε λόγω τεχνικής φύσης προβλημάτων κατά την ψηφιακή συλλογή (μη ολοκληρωμένη καταγραφή κλπ) ή μη ύπαρξης των σταθμών κατά τις περιόδους που τα στοιχεία ήταν απαραίτητα, παρατηρούνται κάποια κενά στοιχείων ημερών, ακόμα και δεκαημέρων. Η δυσκολία αυτή αντιμετωπίζεται κατά κύριο με συμπλήρωση των ελλειπουσών τιμών από στοιχεία γειτονικών σταθμών και κατά δεύτερο λόγο με εξαγωγή κάποιων μέσων τιμών επίσης από γειτονικούς σταθμούς. Αναφέρονται ως παραδείγματα οι περιπτώσεις του Παλαμά και της Τσαριτσάνης. Για μεν την περίπτωση του Παλαμά τα δεδομένα συμπληρώνονται από τα αντίστοιχα του σταθμού της Καρδίτσας, για δε την Τσαριτσάνη από του Τυρνάβου. Για μείωση των πιθανοτήτων σφάλματος στην εκτίμηση των κενών πραγματοποιήθηκαν συγκρίσεις μεταξύ των χρονοσειρών των στοιχείων για όλο το οκτάμηνο με χρήση καμπυλών συμμεταβολής και διαπιστώθηκε σχεδόν παράλληλη πορεία στη διαχρονική μεταβολή τους. Η τυπική μορφή ενός αρχείου των τριών μεταβλητών για το σταθμό της Καρδίτσας φαίνεται στον Πίνακα 3.5.

Πίνακας 3.5: Τυπική Μορφή Αρχείου Μετεωρολογικών Παραμέτρων Σταθμού Καρδίτσας

A	B	Γ	Δ	Ε
121	700	13.17	87.7	0,00
121	800	15.8	79.2	0,00
121	900	17.25	70.3	0,00
121	1000	17.62	72.00	0,00
121	1100	19.44	63.44	0,00
121	1200	20.39	55.47	0,00
121	1300	21.19	53.47	0,00
121	1400	22.05	50.91	0,00
121	1500	22.63	44.64	0,00
121	1600	23.3	37.92	0,00
121	1700	23.6	38.31	0,00
121	1800	22.68	44.14	0,00
121	1900	21.89	50.27	0,00
121	2000	18.4	64.96	0,00
121	2100	16.81	69.32	0,00
121	2200	16.03	69.47	0,00
121	2300	16.1	68.03	0,00
121	2400	16.45	65.42	0,00
122	100	16.13	65.54	0,00
122	200	15.55	66.76	0,00
122	300	14.26	72.4	0,00
122	400	14,00	72.6	0,00
122	500	13.93	71.9	0,00
122	600	13.39	74.3	0,00
122	700	13.79	73.9	0,00
122	800	16.53	67.49	0,00
122	900	18.04	67.46	0,00
122	1000	20.69	56.62	0,00
122	1100	22.48	46.57	0,00
122	1200	23.81	42.63	0,00
122	1300	24.67	37.92	0,00
122	1400	25.52	33.68	0,00
122	1500	26.13	31.42	0,00
122	1600	26.53	30.91	0,00
122	1700	26.53	30.23	0,00
122	1800	25.61	38.89	0,00
122	1900	20.87	55.65	6.4
122	2000	17.58	70.1	2,00
122	2100	17.15	74.3	0,00
122	2200	17.55	77	0,00
122	2300	17.31	78.2	0,00
122	2400	16.3	86.2	0,00

ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΣΤΗΛΩΝ	
A	Ιουλιανή ημέρα
B	Ωρα
Γ	Θερμοκρασία αέρα (°C)
Δ	Σχετική υγρασία αέρα (RH%)
E	Βροχόπτωση (mm)

3.3.3 Εξαγωγή διαφορών μετεωρολογικών δεικτών

Έχει βρεθεί, ότι διάφορες μετεωρολογικές παράμετροι σχετίζονται άμεσα με τα επιμέρους φαινολογικά στάδια διαφορών καλλιεργειών. Οι παράμετροι αυτές εκτιμούνται από βασικά μετεωρολογικά στοιχεία, όπως θερμοκρασία και σχετική υγρασία. Στη συνέχεια περιγράφονται οι μετεωρολογικοί δείκτες και παράμετροι, που χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία.

1. Θερμική μονάδα ή ημερόβαθμοι (Heat Unit, Growing Degree Days, HU, DD)

Ως θερμική μονάδα ορίζεται η συσσωρευτική μέση θερμοκρασία εκείνων των ημερών, που έχουν μέση ημερήσια θερμοκρασία επάνω από μία κρίσιμη τιμή κατωφλίου ειδική για κάθε καλλιέργεια και περιγράφεται από την παρακάτω μαθηματική εξίσωση:

$$HU = \sum_1^{10} (T_{\text{mean}} - T_c) \quad (2)$$

όπου T_{mean} είναι η μέση ημερήσια θερμοκρασία σε °C και T_c η κρίσιμη θερμοκρασία με συνήθεις τιμές 0, 5 και 10 °C. Εκτιμάται συνήθως για κάθε δεκαήμερο ξεχωριστά.

Στην παρούσα εργασία η θερμική μονάδα υπολογίζεται από τα μηνιαία αρχεία με τις ωριαίες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας μέσω ειδικά διαμορφωμένου προγράμματος FORTRAN, το οποίο απομονώνει τις τιμές της θερμοκρασίας και τρεις τιμές σχετικής υγρασίας στις 08:00, 14:00 και 20:00 και εκτιμά μέσες ημερήσιες τιμές και, κατ' επέκταση, συσσωρευτικές τιμές για τα τρία δεκαήμερα κάθε μήνα και για κάθε σταθμό. Η σταθερά θερμοκρασία T_c θεωρείται ίση με 10, όπως διαπιστώνεται από τη σχετική βιβλιογραφία [3,4,5,6,7].

Επισημαίνεται, ότι η συγκεκριμένη παράμετρος είναι πολύ διαδεδομένη σε μελέτες συσχέτισης με φαινολογικά στοιχεία πολλών καλλιεργειών. Ιδιαίτερο ρόλο παίζει στην εξέλιξη των καλλιεργειών βαμβακιού, μηλοειδών και αμπέλου, οι οποίες εξετάζονται και στην παρούσα εργασία. Ο ρόλος της θερμικής μονάδας είναι σημαντικός για διάφορα φαινολογικά στάδια (φύτρωμα, ανθοφορία, καρποφορία) καθώς και για τη γενικότερη ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου κάθε φυτού.

2. Φωτοθερμική μονάδα (Photothermal Unit, PTU)

Ως φωτοθερμική μονάδα ορίζεται το άθροισμα των γινομένων των ωρών της ημέρας επί τις θερμοκρασίες επάνω από μία τιμή κατωφλίου και περιγράφεται από την παρακάτω μαθηματική εξίσωση:

$$HU = \sum_1^{10} (T_{\text{mean}} - T_c) D \quad (3)$$

όπου T_{mean} και T_c είναι η μέση και κρίσιμη θερμοκρασία, αντίστοιχα, όπως και πιο πάνω, ενώ D είναι το σύνολο των ωρών της ημέρας με θερμοκρασίες υψηλότερες από την T_c . Η φωτοθερμική μονάδα υπολογίζεται κατά παρόμοιο με τον πιο πάνω τρόπο μέσω του ίδιου προγράμματος και η χρησιμότητά της είναι παρόμοια με αυτή της θερμικής μονάδας.

3. Κοροπλήρωμα (Vapor Pressure Deficit, d)

Ως κοροπλήρωμα ορίζεται η διαφορά της πίεσης υδρατμών κορεσμού (e_s) από την πραγματική πίεση υδρατμών (e) και εκτιμάται από την πιο κάτω μαθηματική εξίσωση:

$$d = e - e_s = e_s (100 - RH) \quad (4)$$

όπου RH είναι η σχετική υγρασία του αέρα. Η παράμετρος e_s εκτιμάται από τη μέση ημερήσια θερμοκρασία (T_c) και από την εξίσωση:

$$e_s = 6.11 \times 10^{(7.5 \times T_c / 237.3 + T_c)} \quad (5)$$

Όπως είναι φανερό, η παράμετρος αυτή σχετίζεται άμεσα με τη σχετική υγρασία, παράμετρο καθοριστική λίγο ως πολύ για την πορεία όλων των καλλιεργειών, διότι έχει άμεση επίδραση στις διεργασίες των φύλλων και στη διαπνοή τους. Επιπρόσθετα, ο παράγων διύγρυνση φύλλου είναι δυνατό να συσχετισθεί με εξάρσεις ασθενειών, οι οποίες είναι σαφές, ότι είναι δυνατό να επιδράσουν δυσμενώς στη φαινολογία και στην τελική παραγωγή βιομάζας.

Στα πλαίσια της εργασίας ο δείκτης d εκτιμάται από τη μέση τιμή της σχετικής υγρασίας, η οποία με τη σειρά της εκτιμάται από τις τρεις τιμές στις 08:00, 14:00 και 20:00 σε καθημερινή βάση.

4. Αποτελεσματική φωτοθερμοκρασία (Phototemperature, P_{temp})

Η αποτελεσματική φωτοθερμοκρασία δίδεται από την παρακάτω μαθηματική εξίσωση:

$$P_{temp} = T_{max} - 1/4 (T_{max} - T_{min}) \quad (6)$$

όπου T_{max} είναι η μέγιστη ημερήσια και T_{min} η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία σε °C. Ο δείκτης υπολογίζεται συσσωρευτικά για κάθε δεκαήμερο και σταθμό. Μπορεί να ειπωθεί, ότι η παράμετρος αυτή αντικατοπτρίζει έμμεσα μία μέση θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας, που υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία.

5. Αποτελεσματική νυκτοθερμοκρασία (Nvctotemperature, N_{temp})

Η αποτελεσματική νυκτοθερμοκρασία δίδεται από την παρακάτω μαθηματική εξίσωση:

$$N_{temp} = T_{min} + 1/4 (T_{max} - T_{min}) \quad (7)$$

όπου T_{max} είναι η μέγιστη ημερήσια και T_{min} η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία σε °C. Ο δείκτης υπολογίζεται συσσωρευτικά για κάθε δεκαήμερο και σταθμό. Όπως και στην πιο πάνω περίπτωση, μπορεί να ειπωθεί, ότι η παράμετρος αυτή αντικατοπτρίζει έμμεσα μία μέση θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου, όπου επικρατούν συνθήκες έλλειψης ή μειωμένης ηλιακής ακτινοβολίας.

6. Αθροιστική Βροχόπτωση

Ο δείκτης αυτός είναι πολύ κοινός στις αγρομετεωρολογικές εφαρμογές, διότι εκτιμά τα αποθέματα της εδαφικής υγρασίας και κρίνει

την πορεία των καλλιεργειών και τα επιμέρους φαινολογικά στάδιά τους. Αυτό συμβαίνει, διότι η βροχόπτωση αποτελεί μία από τις κρισιμότερες παραμέτρους για την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών. Υπολογίζεται, συνήθως, σε συσσωρευτικές τιμές ημέρας, δεκαημέρων, μηνών ή και ολοκλήρων υδρολογικών ετών για συγκεκριμένες περιοχές. Στην παρούσα εργασία υπολογίζεται από ωριαίες τιμές και συσσωρευτικά για κάθε δεκαήμερο.

3.3.4 Δημιουργία πινάκων και διαγραμμάτων

Μετά τον υπολογισμό όλων των παραμέτρων, οι οποίες ήταν απαραίτητες για την παρούσα μελέτη, δημιουργούνται πίνακες με τις χρονοσειρές όλων των δεδομένων σε δεκαήμερα και για όλους τους σταθμούς συμπεριλαμβανομένων και αυτών του δείκτη βλάστησης και συσσωρευτικής βροχόπτωσης. Σε περιπτώσεις καλλιεργειών, που είναι γνωστή και η φαινολογία από επίγεια στοιχεία, παρατίθενται και τα επιμέρους φαινολογικά στάδια, στην αντίθετη περίπτωση παρατίθενται μέσες ημερομηνίες έναρξης του κάθε σταδίου από εκτιμήσεις για μία σειρά ετών, όπως, για παράδειγμα, στο αμπέλι. Ακολουθεί η κατασκευή διαγραμμάτων μεμονωμένων χρονοσειρών NDVI ή συμμεταβολής με κάθε μία παράμετρο ξεχωριστά για εξεύρεση πιθανών συσχετίσεων. Τέλος, ακολουθεί η ερμηνεία και ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων, που παρατίθενται στο επόμενο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την ανάλυση των αποτελεσμάτων, που παρουσιάζονται υπό μορφή πινάκων και διαγραμμάτων, καθώς και σχόλια και επισημάνσεις. Οι πίνακες και τα διαγράμματα δημιουργήθηκαν μετά την επεξεργασία των δεδομένων, ερμηνεύονται δε οι καμπύλες όλων των παραμέτρων κατά καλλιέργεια και κατά σταθμό.

4.1 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ

Οι περιοχές της Θεσσαλίας στις οποίες εντοπίστηκαν μεμονωμένες μεγάλες εκτάσεις με καλλιέργειες βαμβακιού περιλαμβάνουν τις περιοχές της Καρδίτσας και του Παλαμά. Στην καμπύλη του δείκτη βλάστησης (NDVI) του Σχήματος 4.1 διακρίνονται δύο βασικοί τύποι αύξησης. Από το 1ο δεκαήμερο του Μαρτίου 1994 έως και το 3ο Απριλίου του ίδιου έτους κυριαρχεί βλάστηση, της οποίας η φωτοσυνθετική δραστηριότητα κορυφώνεται στο τέλος του Απριλίου οπότε και ακολουθεί μία πτωτική τάση, η οποία διακόπτεται μετά το 2ο δεκαήμερο Μαΐου με απότομη αύξηση της τιμής του δείκτη, προφανώς από έναρξη δραστηριότητας άλλης καλλιέργειας, που επικαλύπτει αυτή, που αντικατοπτρίζεται στο πρώτο τμήμα της καμπύλης. Είναι σαφές, ότι η πρώτη καλλιέργεια είναι αυτή των χειμερινών σιτηρών, που επικρατεί γύρω από το σταθμό της Καρδίτσας ανάμεσα από χέρσες εκτάσεις, οι οποίες σπέρνονται με βαμβάκι αργότερα και κορυφώνεται βιολογικά περί τα τέλη Απριλίου με το στάδιο του καλαμώνματος και ακολουθεί πτωτική πορεία με την έναρξη του ξεσταχυάσματος με χαμηλές τιμές του δείκτη NDVI, οι οποίες επικαλύπτουν τις χαμηλές των χειμερινών σιτηρών. Φαίνεται, ότι μόνο μετά το φαινολογικό στάδιο 3 του βαμβακιού, δηλαδή μετά την έκπτυξη των δεύτερων μονίμων φύλλων, όταν ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI) είναι ικανοποιητικά υψηλός αρχίζει να διαφαίνεται κάποια αύξηση του δείκτη βλάστησης και όχι αμέσως μετά το φύτερωμα. Τα φαινολογικά στάδια του βαμβακιού φαίνονται στον Πίνακα 4.1.

Το βαμβάκι είναι γνωστό [7] ότι έχει απαιτήσεις σε συνολική βροχόπτωση, συμπεριλαμβανομένου και του συνολικού ποσού νερού άρδευσης, ύψους τουλάχιστο 500 mm για όλη την περίοδο καλλιέργειάς του

Πίνακας 4.1: Στοιχεία Καλλιέργειας Βαμβακιού στο Νομό Καρδίτσας για την Περίοδο 1994 (Κέντρο Έρευνας Βαμβακιού Παλαμά)

ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ		ΕΝΑΡΞΗ ΣΤΑΔΙΟΥ
1ο	ΣΠΟΡΑ	21 Απριλίου 1994
2ο	ΦΥΤΡΩΜΑ	5 Μαΐου 1994
3ο	1ο ΖΕΥΓΟΣ ΜΟΝΙΜΩΝ ΦΥΛΛΩΝ	15 Μαΐου 1994
4ο	2ο ΖΕΥΓΟΣ ΜΟΝΙΜΩΝ ΦΥΛΛΩΝ	23 Μαΐου 1994
5ο	ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΠΡΩΤΩΝ ΧΤΕΝΙΩΝ	6 Ιουνίου 1994
6ο	ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΠΡΩΤΩΝ ΛΟΥΛΟΥΔΙΩΝ	30 Ιουνίου 1994
7ο	ΑΝΟΙΓΜΑ ΠΡΩΤΩΝ ΚΑΡΥΔΙΩΝ	29 Αυγούστου 1994
8ο	Α' ΣΥΛΛΟΓΗ	24 Σεπτεμβρίου 1994
Β' ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΝ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΛΟΓΩ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ ΣΤΟ 3ο ΔΕΚΑΗΜΕΡΟ ΤΟΥ ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 1994		
Α Ρ Δ Ε Υ Σ Σ Ε Ι Σ		
α/α	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ (mm ή m ³ /στρέμμα)
1η	22/06/1994	40
2η	03/07/1994	70
3η	13/07/1994	50
4η	31/07/1994	50
5η	12/08/1994	55
6η	30/08/1994	60

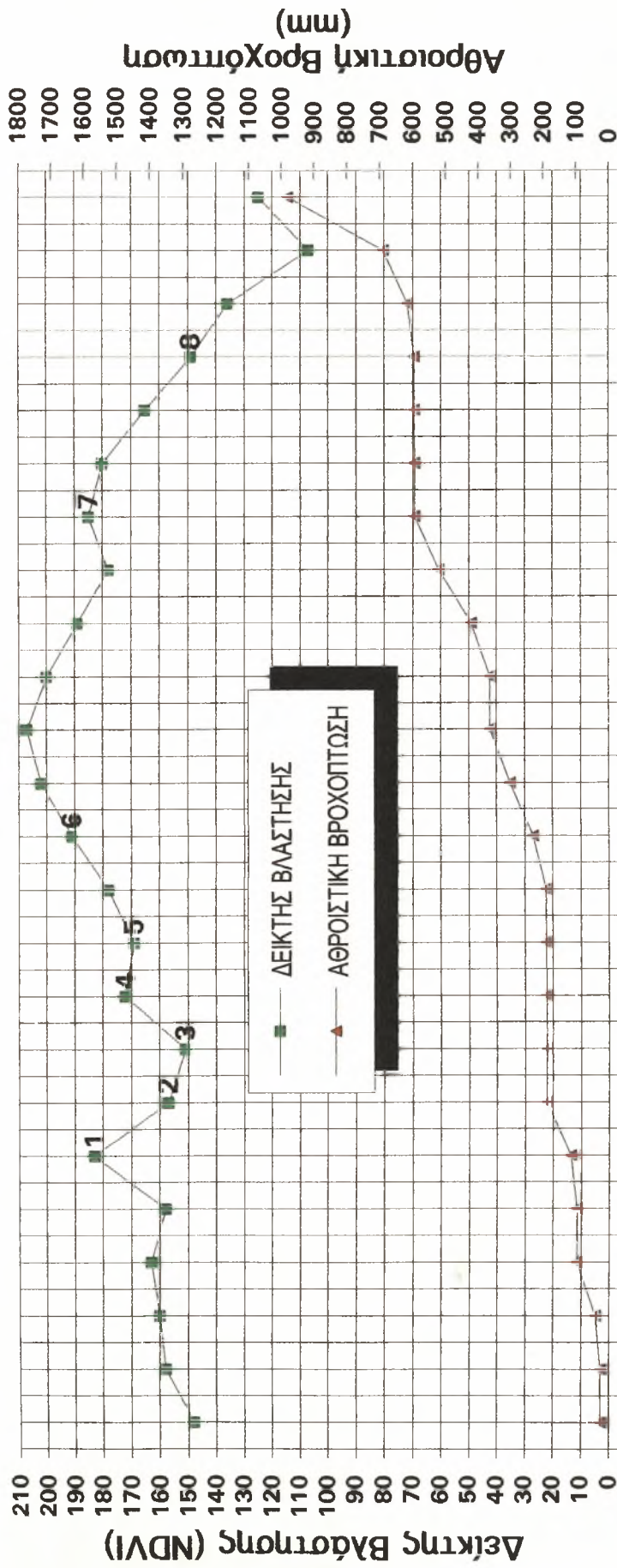
(180-210 ημέρες), από τα οποία τα 175-200 mm να παρέχονται κατά την κρίσιμη περίοδο της καρποφορίας (Ιούλιο - Αύγουστο). Επίσης, κατά τους μήνες Σεπτέμβριο και Οκτώβριο, οι οποίοι καλύπτουν κυρίως την περίοδο συγκομιδής, πρέπει να αποφεύγεται οποιαδήποτε μορφή πρόσθετης υγρασίας (κυρίως πρώιμες φθινοπωρινές βροχές), διότι έχει ως συνέπεια την ποιοτική υποβάθμιση του προϊόντος (δυσχέρεια φυσιολογικής ωρίμανσης των καρυδιών και κακή ποιότητα ίνας).

Στο Σχήμα 4.1 δίδεται η συμμεταβολή του δείκτη βλάστησης και της αθροιστικής βροχόπτωσης για όλο το οκτάμηνο του 1994. Παρατηρείται, ότι η κρίσιμη τιμή των 500 mm συμπληρώνεται με νερό βροχής και άρδευσης

μόλις στο 2ο δεκαήμερο Αυγούστου 1994, όπου τα φυτά αρχίζουν να εισέρχονται στο κρίσιμο στάδιο της ωρίμανσης των καρυδιών και στη συνέχεια η βροχή αυξάνεται στα δύο επόμενα δεκαήμερα με αποκορύφωμα τις ισχυρές βροχοπτώσεις του 3ου δεκαημέρου του Οκτωβρίου της τάξης των 300 mm (Πίνακας 4.2). Όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.1, η καταγιδοφόρος δραστηριότητα στο παραπάνω χρονικό διάστημα και οι πλημμύρες, που προκάλεσε ήταν τα κύρια αίτια της ματαίωσης της β' βαμβακοσυλλογής [9,10], η οποία είχε τεράστιες επιπτώσεις στην εθνική οικονομία. Η αντίδραση των φυτών στα υπερβολικά υψηλά αποθέματα υγρασίας σε πολύ σύντομο χρόνο φαίνεται και στην καμπύλη του δείκτη βλάστησης στο ίδιο Σχήμα 4.1, η οποία παρουσιάζει απότομη αύξηση στην τιμή του NDVI. Σε τέτοια περίοδο, η αύξηση δε δικαιολογείται από άποψη φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, δεδομένου ότι το έδαφος είναι σχεδόν γυμνό από πράσινη βλάστηση μετά από τη χημική αποφύλλωση και την ίδια τη συλλογή. Αυτό που συμβαίνει είναι η επίδραση του αποθέματος υγρασίας στο δείκτη βλάστησης λόγω ισχυρής ανάκλασης στο κανάλι 3 του NOAA / AVHRR, γεγονός, που επιβεβαιώνει ότι οι τιμές του NDVI επηρεάζονται όχι μόνο από την πυκνότητα της χλωροφύλλης στο φύλλο, αλλά και από τη διαθέσιμη εδαφική υγρασία. Δηλαδή, ο παράγοντας αθροιστική βροχόπτωση φαίνεται ότι δε συσχετίζεται με επιμέρους φαινολογικά στάδια του βαμβακιού, αλλά είναι απαραίτητη η ικανοποίηση των ελάχιστων απαιτήσεων για την ολοκλήρωση του βιολογικού του κύκλου, εφόσον έχει υπερκαλυφθεί το όριο των 200 mm για την περίοδο της καρποφορίας με 300 mm περίπου (Πίνακας 4.2).

Όσο αφορά στη σχέση του δείκτη βλάστησης με τη θερμική μονάδα (Σχήμα 4.2) παρατηρείται ότι υπάρχει αντίστροφη συσχέτιση στο κρίσιμο στάδιο της ανθοφορίας και της καρποφορίας (στάδια 6 και 7). Συγκεκριμένα, υπερβολικές θερμοκρασίες σ' αυτή την περίοδο δημιουργούν αρνητικές συνθήκες στο μικροπεριβάλλον των φυτών, που επιδρούν δυσμενώς μειώνοντας απότομα το ρυθμό φωτοσύνθεσης, άρα και αντίστοιχα τις τιμές του δείκτη βλάστησης. Στο τέλος του κύκλου του βαμβακιού επικρατεί παράλληλη πορεία των καμπυλών δείκτη βλάστησης και θερμικής μονάδας, ενώ στα αρχικά στάδια του φυτρώματος και της έκπτυξης των μονίμων φύλλων απαιτούνται μόνο μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες αέρα επάνω από 15 °C για σωστό φύτευμα, που, ούτως ή άλλως ικανοποιούνται, όπως προκύπτει από την παρατιθέμενη βάση δεδομένων. Ιδιαίτερη σημασία έχει η μεταβολή της θερμικής μονάδας από το στάδιο 3 έως το 4 (έκπτυξη μονίμων φύλλων) και από το 5 στο 6 (έναρξη

Σχήμα 4.1: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αθροιστικής Βροχόπτωσης Σταθμού Καρδίτσας για Καλλιέργεια Βαμβακιού 1994



Μαρ Μαρ Μαρ Απρ Απρ Απρ Μαϊ Μαϊ Μαϊ Ιουν Ιουν Ιουν Ιουλ Ιουλ Ιουλ Αύγ Αύγ Αύγ Σεπ Σεπ Σεπ Οκτ Οκτ Οκτ
1ο 15ο 30ο 1ο 15ο 30ο 1ο 15ο 30ο 1ο 15ο 30ο 1ο 15ο 30ο 1ο 15ο 30ο 1ο 15ο 30ο

Δεκαήμερα 1994

Πίνακας 4.2: Αθροιστική Βροχόπτωση Δεκαήμερων Αυτόματων Σταθμών Θεσσαλίας (mm)

ΜΗΝΑΣ	ΔΕΚΑΗΜΕΡΟ	ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ									
		ΖΑΓΟΡΑ	ΤΥΡΝΑΒΟΣ	ΒΕΛΕΣΤΙΝΟ	ΚΑΡΔΙΤΣΑ	ΠΑΛΑΜΑΣ	ΑΓΙΑ	ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ	ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	Ν. ΑΓΧΙΛΟΣ	
ΜΑΡΤΙΟΣ	α	-	14	1,5	27,4	27,4	20,4	18	17,2	-	
	β	3,6	0	0	0	0	0,2	0	0	-	
	γ	3,4	4	8,6	15	15	5	6	4,5	-	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	α	-	40,4	27	55,8	55,8	27,4	56,8	114,4	21,4	
	β	38,2	0	0,2	0,2	0,2	0	0,8	4,6	0	
	γ	9,4	11,4	15,4	19,4	6,6	26,4	18,4	10,8	38,8	
ΜΑΪΟΣ	α	70	9,8	36,8	72	32,4	54	33,4	78,4	40,2	
	β	0,4	0	0	0,2	0,6	0,4	5,6	19,4	0,2	
	γ	0,2	0,6	1	0,8	1	0	2,4	0,8	0,4	
ΙΟΥΝΙΟΣ	α	4,8	0	0	0,4	1	1,6	0	153,6	1	
	β	0	1,4	1,4	0	0	0	0,2	2,4	0	
	γ	0	0,4	0	0,2	6,2	0	0	-	0	
ΙΟΥΛΙΟΣ	α	14	6,4	20,8	0,4	3,2	11,8	0	80	12,4	
	β	4,4	7,8	5,4	11,6	7,2	4,2	0,3	6,2	14,6	
	γ	2,6	0	0	0	0,4	3,4	0	13,2	1	
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	α	0,8	0	5	9,2	8,8	5,6	10,8	-	0	
	β	0,2	1,8	1,8	44,4	0	0	5,1	-	0	
	γ	12	3,8	11,2	13,2	6	6,2	4,3	-	0	
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	α	0	0,4	0	0	0	0	0	-	0	
	β	0	0	0	1	0	0,4	0	5,6	0	
	γ	0	0	0	0	0	0	6,6	2,8	0	
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	α	62	8,8	37,8	20,2	12	40,2	6,8	19,8	-	
	β	234,2	13,2	16,2	73,2	31,2	4	53,2	45,6	-	
	γ	541,8	39	164	291,6	98,6	41,1	102,2	45,2	-	

ανθοφορίας), που είναι πολύ ευαίσθητα στις χαμηλές θερμοκρασίες. Τέλος, όπως γίνεται σαφές από τον Πίνακα 4.2, το όριο των 2.200 ημερόβαθμων, που είναι απαραίτητοι για την ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου του βαμβακιού [7], συμπληρώνεται και μάλιστα μόλις στο 3ο δεκαήμερο του Αυγούστου και στο τέλος της α' συγκομιδής φθάνει τους 2700 ημερόβαθμους.

Όσο αφορά στο κοροπλήρωμα (Σχήμα Π4.1) δεν παρουσιάζεται ιδιαίτερη συσχέτιση με το δείκτη βλάστησης για το λόγο, ότι, όπως και η αθροιστική βροχόπτωση, με την οποία σχετίζεται σε ένα βαθμό η σχετική υγρασία αέρα από την οποία εκτιμάται το κοροπλήρωμα, δεν επιδρά ιδιαίτερα στα επιμέρους φαινολογικά στάδια τόσο όσο οι μετεωρολογικοί δείκτες, που σχετίζονται με τη θερμοκρασία. Έτσι, οι υπόλοιποι δείκτες, που προκύπτουν από τη μέση ημερήσια θερμοκρασία, δηλαδή η φωτοθερμική μονάδα, η αποτελεσματική φωτοθερμοκρασία και νυκτοθερμοκρασία (Παράρτημα Π4: Σχήματα Π4.2, Π4.3 και Π4.4, αντίστοιχα) παρουσιάζουν παρόμοια χρονική μεταβολή με αυτή της θερμικής μονάδας με κάποιες ασήμαντες διαφορές σε ορισμένα δεκαήμερα.

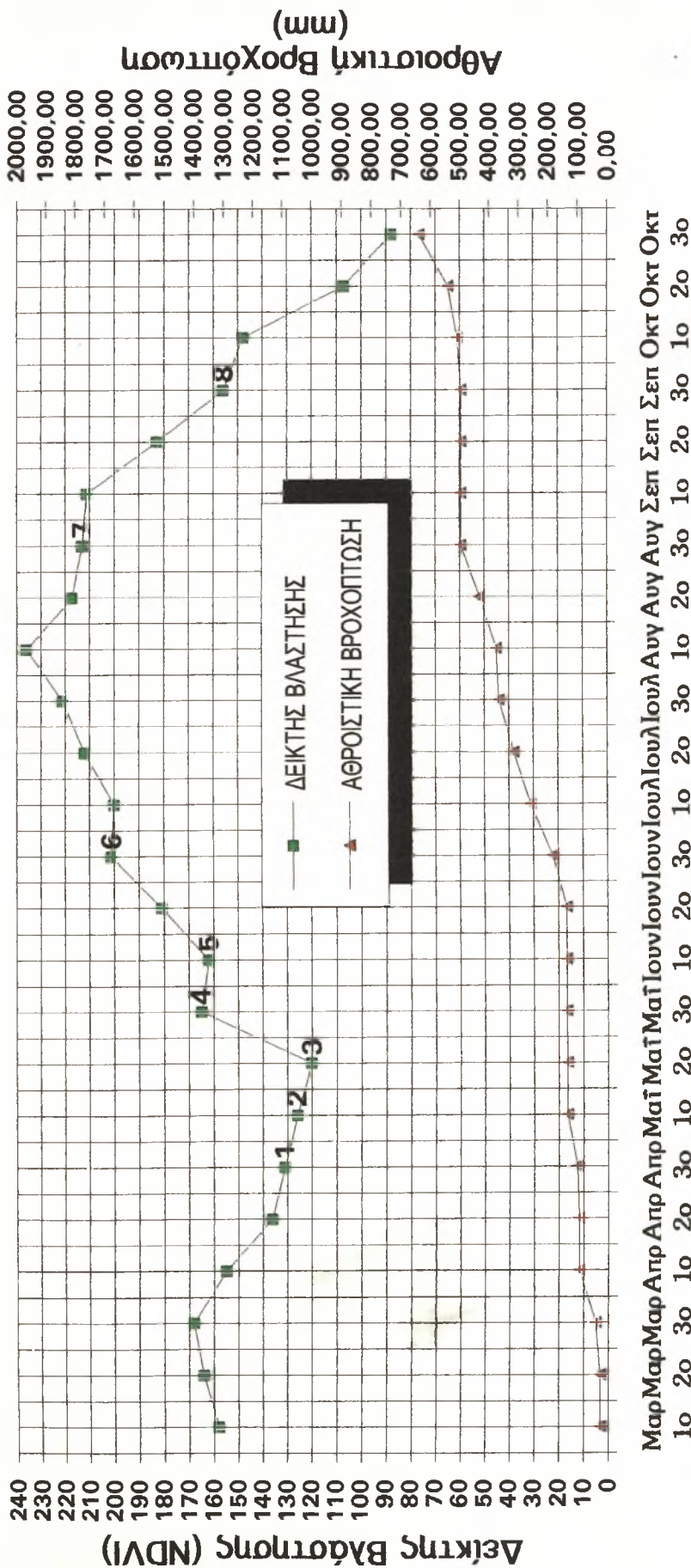
Για τις βαμβακοφυτείες της περιοχής του σταθμού του Παλαμά ισχύουν περίπου τα προαναφερθέντα για την Καρδίτσα. Εδώ το συνολικό ύψος βροχής (βροχόπτωση και νερό άρδευσης) φθάνει τα 639 mm για όλο το οκτάμηνο με 300 mm και πάλι να συμπληρώνονται στο στάδιο της καρποφορίας και 100 περίπου στο 3ο δεκαήμερο του Οκτωβρίου 1994 (Σχήμα 4.3). Στο χρονικό αυτό σημείο οι καλυμμένες από τις πλημμύρες περιοχές παρουσιάζουν εξαιρετικά χαμηλές τιμές δείκτη βλάστησης (κάτω από 90) σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή στην Καρδίτσα (125), γεγονός, που αποδεικνύει, ότι ο δείκτης βλάστησης αυξάνει με αύξηση των αποθεμάτων του εδάφους σε υγρασία, ενώ μειώνεται απότομα σε περιπτώσεις, που το έδαφος έχει κατακλυστεί από νερό. Επίσης, υπάρχει παρόμοια συσχέτιση του δείκτη NDVI με τους ημερόβαθμους (Σχήμα 4.4), που για τον Παλαμά φθάνουν τις 2337 μονάδες. Η καμπύλη του δείκτη βλάστησης είναι σαφώς μετατοπισμένη προς υψηλές τιμές, δηλαδή οι αιχμές της είναι πιο υψηλές από τις αντίστοιχες της Καρδίτσας και η μέγιστη τιμή (≈ 240) παρουσιάζεται δύο δεκαήμερα αργότερα από αυτή της Καρδίτσας (≈ 210), δηλαδή 1ο δεκαήμερο Αυγούστου σε σχέση με 2ο Ιουλίου 1994. Το γεγονός αυτό δικαιολογείται από την σαφώς χαμηλότερη τελική τιμή της συσσωρευτικής θερμικής μονάδας στο τέλος του οκταμήνου για τον Παλαμά από αυτή της Καρδίτσας (Πίνακες 4.1, 4.3 και 4.4). Αυτό είναι φυσικό, διότι η θερμική καταπόνηση των βαμβακοφύτων, ιδιαίτερα το δίμηνο Ιουλίου-Αυγούστου,

έχει άμεση επίπτωση στη μείωση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας λόγω αυξημένης αναπνοής, δηλαδή σπατάλης βιομάζας και, κατ' επέκταση, υποβάθμιση του προϊόντος και μείωση παραγωγής. Τέλος, για τους δείκτες κοροπλήρωμα, φωτοθερμική μονάδα, αποτελεσματική φωτοθερμοκρασία και νυκτοθερμοκρασία (Παράρτημα 4: Σχήματα Π4.5, Π4.6, Π4.7 και Π4.8 αντίστοιχα) ισχύουν τα ίδια, όπως και για τις καλλιέργειες της Καρδίτσας.

Πίνακας 4.3: Εκτιμούμενες Μεταβλητές Καλλιέργειας Βαμβακιού Σταθμού Καρδίτσας

ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ	ΔΕΚΑΗΜΕΡΟ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ (ΗΜΕΡΟΒΑΘΜΟΙ) (°C)	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ	ΦΩΤΟ- ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ (°C x Ώρες)	ΚΟΡΟΠΛΗΡΩΜΑ (mb)	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΦΩΤΟ- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΝΥΚΤΟ- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)
	Μαρ1ο	148	27,4	27,4	21,85	21,85	205,21	486,02	14,27	9,6
	Μαρ2ο	158	0	27,4	41,2	63,05	397,26	601,44	16,61	11,62
	Μαρ3ο	160	15	42,4	64,19	127,24	634,1	784,63	19,01	13,83
	Απρ1ο	163	55,8	98,2	36,55	163,79	344,17	505,91	15,72	11,59
	Απρ2ο	158	0,2	98,4	82,85	246,64	798,16	950,47	21,11	15,46
1	Απρ3ο	183	19,4	117,8	76,5	323,14	755,93	572,57	19,97	15,32
2	Μαϊ1ο	157	72	189,8	64,1	383,84	604,46	466,19	18,44	14,38
3	Μαϊ2ο	151	0,2	190	118,8	506,04	1144,56	923,26	24,86	18,9
4	Μαϊ3ο	172	0,8	190,8	177	683,04	1748,61	2285,3	31,32	24,08
5	Ιουν1ο	169	0,4	191,2	135,3	818,34	1276,33	1729,35	26,67	20,38
	Ιουν2ο	178	0	191,2	152,25	970,59	1466,34	1835,7	28,28	22,17
6	Ιουν3ο	191	40,2	231,4	171,69	1142,28	1695,38	1880,09	30,19	24,15
	Ιουλ1ο	202	70,4	301,8	185	1327,28	1745,31	1986,55	31,37	25,63
	Ιουλ2ο	207	61,6	363,4	162,25	1489,53	1563,26	1616,63	29,01	23,44
	Ιουλ3ο	200	0	363,4	168,75	1658,28	1665,71	1857,13	29,34	24,41
	Αύγ1ο	189	59,2	422,6	181,4	1839,68	1711,9	1994,48	30,99	25,29
	Αύγ2ο	178	99,4	522	207,45	2047,13	1994,51	2612,23	33,71	27,78
7	Αύγ3ο	185	73,2	595,2	182,69	2229,82	1803,16	2024,98	31,31	25,23
	Σεπ1ο	180	0	595,2	175,2	2405,02	1653,56	1810,36	30,35	24,69
	Σεπ2ο	165	1	596,2	176,95	2589,57	1701,94	2255,87	30,92	24,47
8	Σεπ3ο	149	0	596,2	159,19	2711,16	1572,83	1904,4	29,18	22,65
	Οκτ1ο	136	20,2	616,4	133,3	2874,46	1256,58	1010,73	25,57	21,09
	Οκτ2ο	107	73,2	689,6	71,9	2946,36	690,74	386,72	18,74	15,64
	Οκτ3ο	125	291,6	981,2	74,75	3021,11	739,32	367,77	18,99	15,96

Σχήμα 4.3: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αθροιστικής Βροχοπτώσης Σταθμού Παλαμά για Καλλιέργεια Βαμβακιού 1994

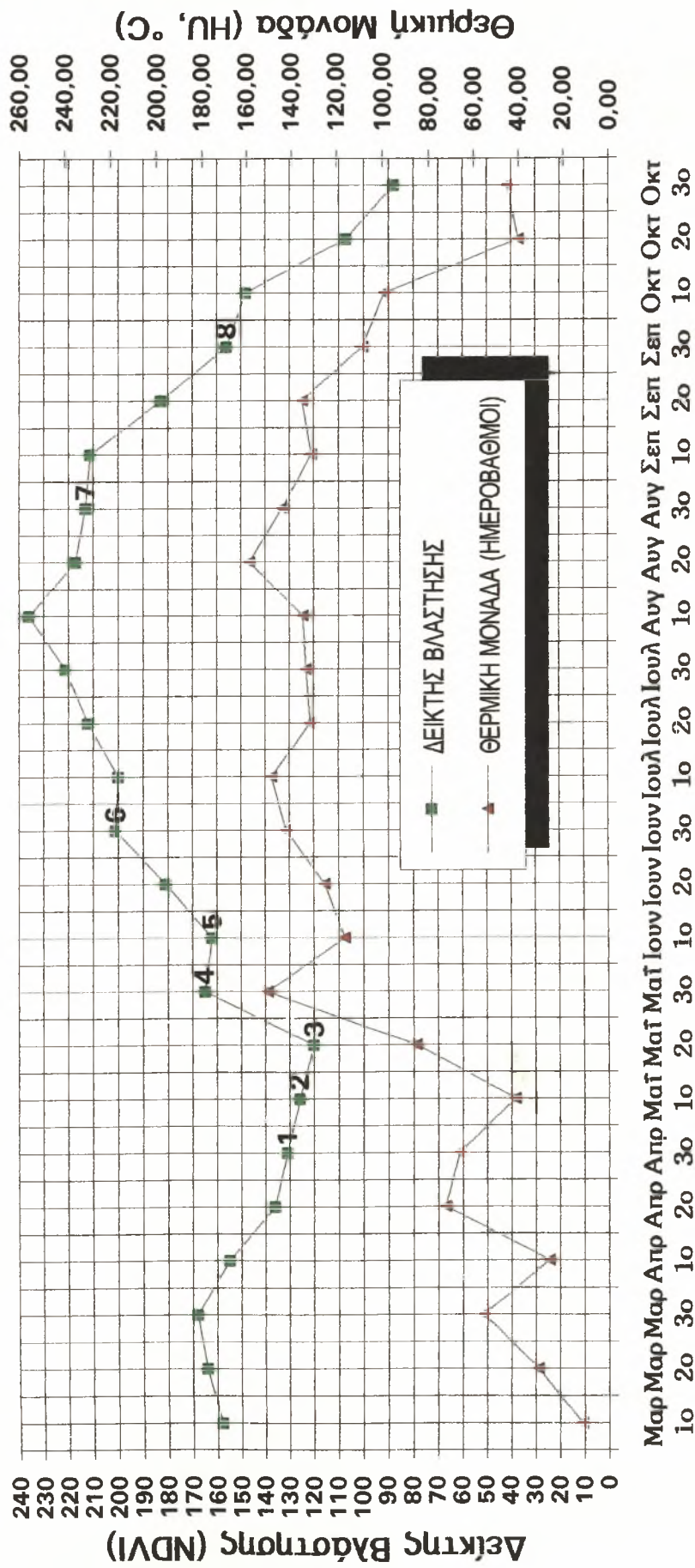


Δεκαήμερα 1994

Πίνακας 4.4: Εκτιμώμενες Μεταβλητές Καλλιέργειας Βαμβακιού Σταθμού Παλαμά

ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ	ΔΕΚΑΗΜΕΡΟ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)	ΛΕΡΟΙΣΤΙΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ (ΗΜΕΡΟΒΑΘΜΟΙ) (°C)	ΛΕΡΟΙΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ	ΦΩΤΟ-ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ (°C x Ώρες)	ΚΟΡΟΠΑΗΡΩΜΑ (mb)	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΝΥΚΤΟ-ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)
	Μαρ1ο	158	27,40	27,40	11,85	11,85	105,21	486,02	14,27	9,60
	Μαρ2ο	164	0,00	27,40	31,20	43,05	297,26	601,44	16,61	11,62
	Μαρ3ο	168	15,00	42,40	55,65	98,70	534,10	784,63	19,01	13,83
	Απρ1ο	155	55,80	98,20	26,55	125,25	244,10	505,91	15,72	11,59
	Απρ2ο	136	0,20	98,40	72,75	198,00	698,16	960,47	21,11	15,46
1	Απρ3ο	131	6,60	105,00	66,50	264,50	655,93	572,57	19,97	15,32
2	Μαϊ1ο	126	32,40	137,40	41,60	306,10	492,33	445,83	14,16	9,23
3	Μαϊ2ο	120	0,60	138,00	85,50	391,60	824,43	878,73	18,55	13,50
4	Μαϊ3ο	165	1,00	139,00	150,50	542,10	1486,82	1954,56	25,05	20,23
5	Ιουν1ο	162	1,00	140,00	116,50	658,60	1102,75	1514,90	21,69	16,78
	Ιουν2ο	181	0,00	140,00	125,30	783,90	1206,83	1373,83	22,53	17,98
6	Ιουν3ο	201	46,20	186,20	142,50	926,40	1404,73	1449,91	24,23	19,66
	Ιουλ1ο	200	73,20	259,40	148,90	1075,30	1404,88	1323,56	24,89	19,99
	Ιουλ2ο	212	57,20	316,60	131,60	1206,90	1268,10	1147,96	23,16	18,00
	Ιουλ3ο	221	50,40	367,00	133,50	1340,40	1317,50	1185,85	23,35	18,24
	Αυγ1ο	236	8,80	375,80	135,00	1475,40	1274,10	1037,57	23,50	18,55
	Αυγ2ο	217	55,00	430,80	158,60	1634,00	1525,39	1353,79	25,86	20,45
7	Αυγ3ο	213	66,00	496,80	144,00	1778,00	1421,88	1135,38	24,40	19,79
	Σεπ1ο	211	0,00	496,80	131,20	1909,20	1238,24	1095,73	23,12	18,02
	Σεπ2ο	183	0,00	496,80	135,10	2044,30	1299,32	1431,00	23,51	18,66
8	Σεπ3ο	156	0,00	496,80	108,62	2152,92	1073,48	1116,66	20,86	15,23
	Οκτ1ο	148	12,00	508,80	99,30	2252,22	936,04	728,04	19,93	14,18
	Οκτ2ο	107	31,20	540,00	40,10	2292,32	384,74	452,06	14,01	9,54
	Οκτ3ο	88	98,60	638,60	45,13	2337,45	446,32	454,61	14,51	9,87

Σχήμα 4.4: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Θερμικής Μονάδας Σταθμού Παλαμά για Καλλιέργεια Βαμβακιού 1994



Δεκαήμερα 1994

4.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΑΜΠΕΛΟΥ

Οι περιοχές με καλλιέργειες αμπελιών, που μελετήθηκαν είναι του Τυρνάβου και της Τσαριτσάνης. Στον Πίνακα 4.5 παρατίθενται οι παράμετροι, που εξήχθησαν μετά από την επεξεργασία των δορυφορικών και μετεωρολογικών δεδομένων για το σταθμό του Τυρνάβου και στον Πίνακα 4.6 οι αντίστοιχες του σταθμού της Τσαριτσάνης. Επίσης, στον Πίνακα 4.7 παρουσιάζονται τα αντίστοιχα γενικά φαινολογικά στάδια με μέσες ημερομηνίες, όπως εκτιμήθηκαν από μία σειρά ετών τόσο για τις οινοποιήσιμες, όσο και για τις επιτραπέζιες ποικιλίες, που καλλιεργούνται στη Θεσσαλία [5,6].

Η καμπύλη του δείκτη βλάστησης (Σχήμα 4.5) χαρακτηρίζεται στα πρώτα στάδια εκβλάστησης πρέμνων (στάδια 1-2) από μία ανώμαλη διαμόρφωση με αυξομειώσεις, ενώ θα έπρεπε η σταδιακή αύξηση της πυκνότητας της χλωροφύλλης να έχει ως αποτέλεσμα αντίστοιχη αύξηση της τιμής του δείκτη. Αυτό πιθανό να συμβαίνει λόγω της επικράτησης δυσμενών καιρικών συνθηκών κατά την εκβλάστηση [5,6], δηλαδή έντονες βροχοπτώσεις (Σχήμα 4.5, Πίνακας 4.5) και απότομη μείωση των θερμοκρασιών επάνω από την κρίσιμη των 10 °C, δηλαδή ελάττωση των ημερόβαθμων (Σχήμα 4.6). Βέβαια το όριο των μονάδων επάνω από 10 °C, που απαιτούνται για κανονική εκβλάστηση των πρέμνων συμπληρώνεται κατά το 3ο δεκαήμερο Μαρτίου (περίπου 40 θερμομονάδες), αλλά υπερσχύει η επίδραση των μη ευνοϊκών συνθηκών στα αμέσως επόμενα δεκαήμερα. Στα επόμενα φαινολογικά στάδια δεν παρατηρείται ιδιαίτερη συσχέτιση της αθροιστικής βροχόπτωσης με την εξέλιξη του δείκτη βλάστησης, εκτός από την περίπτωση του 3ου δεκαημέρου του Οκτωβρίου 1994, όπου, όπως προαναφέρθηκε και στην περίπτωση του βαμβακιού, είναι φυσικό οι δύο καμπύλες να παρουσιάζουν παράλληλη πορεία, λόγω της αυξημένης διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας. Εδώ επισημαίνεται ότι η καμπύλη της αθροιστικής βροχόπτωσης δε συσχετίζεται άμεσα με αυτή του δείκτη βλάστησης, για το λόγο, ότι οι αμπελώνες γενικά της Θεσσαλίας και ιδίως του Τυρνάβου είναι συστηματικά αρδευόμενοι και τυχόν ασθενείς βροχοπτώσεις λίγο επηρεάζουν την ένταση της φωτοσύνθεσης, εκτός βέβαια από τα κρίσιμα στάδια της πρώτης εκβλάστησης (στάδια 1 και 2) και της ανθοφορίας (στάδια 3 και 4). Ειδικά κατά την ανθοφορία μειωμένες βροχοπτώσεις ευνοούν εξάρσεις βλαστικής ανάπτυξης, η οποία καθλώνει έως ένα βαθμό την ανθοφορία, λόγω του γνωστού ανταγωνισμού βλαστικής

και αναπαραγωγικής ανάπτυξης. Τυχόν παρατεταμένες βροχοπτώσεις ή συχνές αρδεύσεις κατά το στάδιο της ανθοφορίας έχουν ως συνέπεια την καθυστέρηση της καρπόδεσης και τελικά της ωρίμανσης των ραγών και της ελαττωμένης περιεκτικότητας του χυμού σε σάκχαρα [5,6].

Ο συνδυασμός της ταυτόχρονης αύξησης των ημερόβαθμων στο 2ο δεκαήμερο και μείωσης της τιμής του κοροπληρώματος από το 1ο έως το 3ο δεκαήμερο του Αυγούστου 1994 (Σχήμα 4.7) φαίνεται ότι έχει δυσμενή επίδραση στη φωτοσυνθετική δραστηριότητα και, συνεπώς μείωση της τιμής του δείκτη NDVI. Αυτό θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως πλεονέκτημα για το χρόνο της συγκομιδής, διότι η υστέρηση της βλαστικής έναντι της αναπαραγωγικής ανάπτυξης προκαλεί πρωίμηση της ωρίμανσης και της συγκομιδής και βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος.

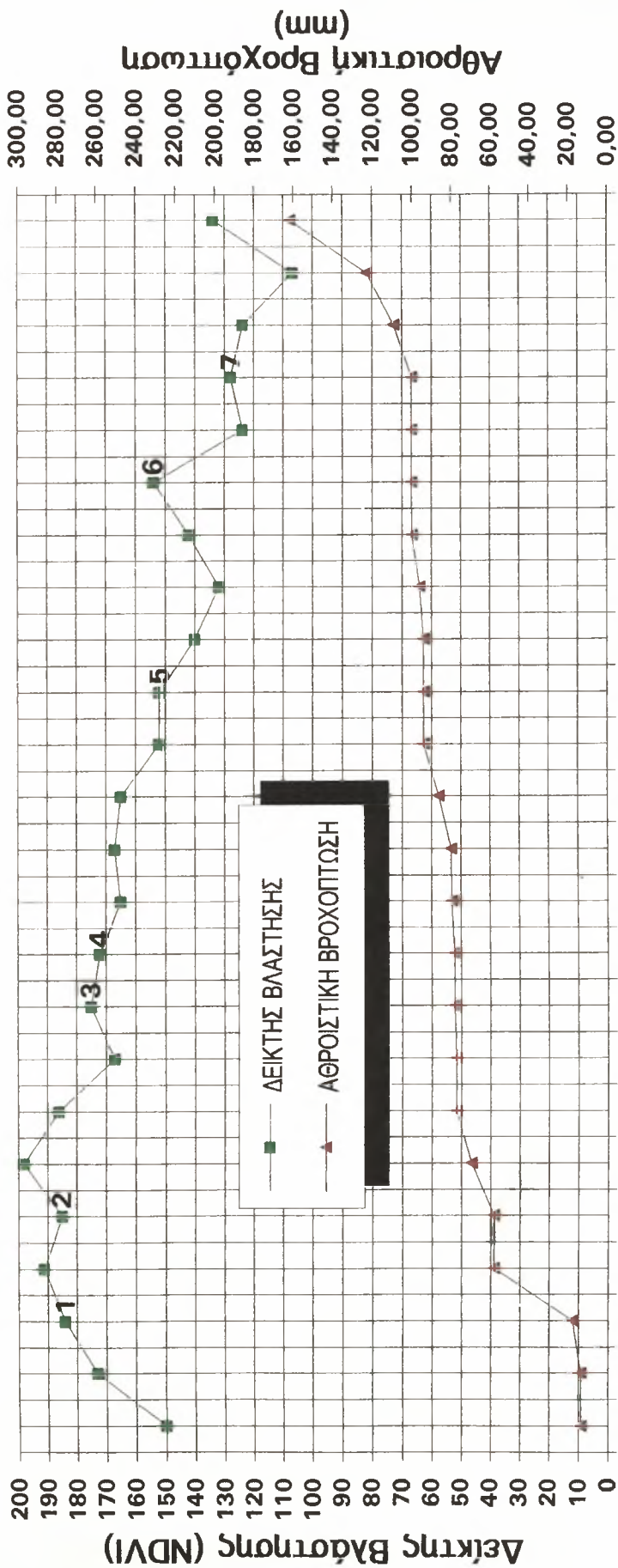
Για τις καλλιέργειες της Τσαριτσάνης ισχύουν τα ίδια, περίπου, όπως και για τον Τύρναβο, όσο αφορά στη μορφή της καμπύλης του δείκτη βλάστησης με μία μικρή χρονική μετατόπιση όλων των σταδίων κατά ένα δεκαήμερο αργότερα. Το γεγονός της ομοιότητας των δύο καμπυλών αυξάνει τη βεβαιότητα της κυριαρχίας των αμπελιών ως καλλιέργεια που εντοπίστηκε στις συγκεκριμένες συντεταγμένες της περιοχής της Τσαριτσάνης, αφού είναι απόλυτα βέβαιη η αποκλειστική σχεδόν μονοκαλλιέργεια με αμπέλια στον Τύρναβο. Οι συσχετίσεις του δείκτη βλάστησης με την αθροιστική βροχόπτωση, τη θερμική μονάδα και το κοροπλήρωμα (Πίνακας 4.6, Σχήματα 4.8, 4.9 και 4.10, αντίστοιχα) είναι παρόμοιες με αυτές του Τυρνάβου, ενώ αυτές με τους υπόλοιπους τρεις δείκτες τους σχετικούς με τη θερμική μονάδα, δηλαδή φωτοθερμική μονάδα, αποτελεσματική φωτοθερμοκρασία και νυκτοθερμοκρασία, ακολουθούν τα προαναφερθέντα για τη θερμική μονάδα, αφού όλοι εξάγονται από μέσες τιμές θερμοκρασίας. Η συμμεταβολή των δεικτών αυτών με το δείκτη βλάστησης δίδεται στο Παράρτημα 5 (Σχήματα Π5.1, Π5.2, Π5.3, Π5.4, Π5.5 και Π5.6).

Πίνακας 4.7: Κυριότερα Φαινολογικά Στάδια Καλλιέργειας Αμπέλου Σταθμού Τυρνάβου και Τσαριτσάνης (εκτιμήσεις από μία σειρά ετών)

ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ ΑΜΠΕΛΟΥ		ΕΝΑΡΞΗ ΣΤΑΔΙΟΥ
1ο	ΕΝΑΡΞΗ ΕΚΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	3ο Μαρτίου
2ο	ΠΛΗΡΗΣ ΕΚΒΛΑΣΤΗΣΗ	2ο Απριλίου
3ο	ΕΝΑΡΞΗ ΑΝΘΙΣΗΣ	3ο Μαΐου
4ο	ΠΛΗΡΗΣ ΑΝΘΙΣΗ	1ο Ιουνίου
5ο	ΕΝΑΡΞΗ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ	3ο Ιουλίου
6ο	ΩΡΙΜΑΝΣΗ-ΕΝΑΡΞΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ	1ο Σεπτεμβρίου
7ο	ΠΕΡΑΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ	3ο Σεπτεμβρίου

ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ	ΙΣΟΚΑΛΗΜΕΡΟ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ (ΗΜΕΡΟΒΑΘΜΟΙ)	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ	ΦΩΤΟ-ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ (°C x Ώρες)	ΚΟΡΟΠΛΗΡΩΜΑ (mb)	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΝΥΚΤΟ-ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)
	Μαρ1ο	150	14,00	14,00	12,15	12,15	114,07	292,60	13,85	7,95
	Μαρ2ο	173	0,00	14,00	23,55	35,70	227,18	401,11	15,83	8,48
1	Μαρ3ο	184	4,00	18,00	40,13	75,83	395,95	418,22	17,33	10,69
	Απρ1ο	191	40,40	58,40	28,95	104,78	272,57	383,67	15,77	9,90
2	Απρ2ο	185	0,00	58,40	66,15	170,93	637,46	737,92	20,19	13,04
	Απρ3ο	198	11,40	69,80	70,37	241,30	695,38	480,14	19,85	14,22
	Μαϊ1ο	186	9,80	77,60	80,23	321,53	789,98	837,34	21,00	15,43
	Μαϊ2ο	167	0,00	77,60	98,65	420,18	876,32	1134,10	23,65	16,79
3	Μαϊ3ο	175	0,60	78,20	112,79	523,97	990,01	1458,54	25,10	17,80
4	Ιουν1ο	172	0,00	78,20	123,80	656,77	1167,88	1632,20	26,31	18,45
	Ιουν2ο	165	1,40	79,60	137,95	794,72	1328,67	1707,22	27,96	19,63
	Ιουν3ο	167	0,40	80,00	158,13	952,85	1541,59	1775,46	29,46	21,77
	Ιουλ1ο	165	6,40	86,40	169,95	1122,80	1603,31	1761,32	30,55	23,44
	Ιουλ2ο	152	7,80	94,20	156,40	1279,20	1506,65	1569,65	29,00	22,28
5	Ιουλ3ο	152	0,00	94,20	159,44	1438,64	1573,90	1835,85	29,37	22,52
	Αυγ1ο	140	0,00	94,20	168,75	1607,39	1592,52	1720,17	30,49	23,26
	Αυγ2ο	132	1,80	96,00	185,45	1792,84	1783,28	1278,38	32,64	24,45
	Αυγ3ο	142	3,80	99,80	161,19	1954,03	1590,86	1605,92	30,15	22,09
6	Σεπ1ο	154	0,40	100,20	153,35	2107,38	1447,23	1437,37	29,24	21,43
	Σεπ2ο	124	0,00	100,20	158,75	2266,13	1526,98	1765,29	30,19	21,56
7	Σεπ3ο	128	0,00	100,20	147,63	2413,76	1458,44	1503,59	29,15	20,38
	Οκτ1ο	124	8,80	109,00	124,35	2538,11	1172,34	854,06	25,39	19,48
	Οκτ2ο	107	13,20	122,80	63,50	2601,61	610,09	461,99	18,59	14,11
	Οκτ3ο	134	39,00	161,80	67,00	2668,61	662,42	344,30	18,77	14,63

Σχήμα 4.5: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αθροιστικής Βροχόπτωσης Σταθμού Τυρνάβου για Καλλιέργεια Αμπελιού 1994



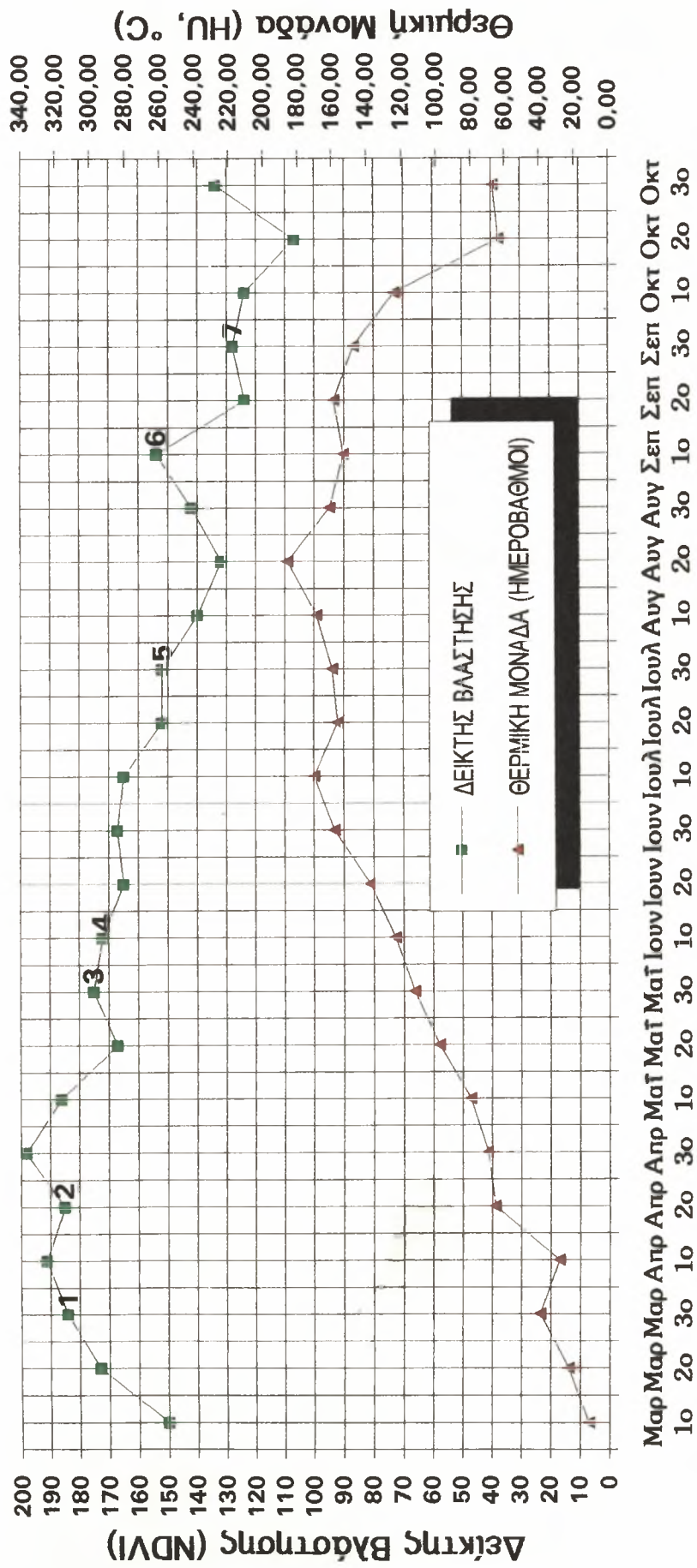
Μαρ Μαρ Μαρ Απρ Απρ Απρ Μαΐ Μαΐ Μαΐ Ιουν Ιουν Ιουν Ιουλ Ιουλ Ιουλ Αυγ Αυγ Αυγ Σεπ Σεπ Σεπ Οκτ Οκτ Οκτ
1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο

Δεκαήμερα 1994

Πίνακας 4.6: Εκτιμούμενες Μεταβλητές Καλλιέργειας Αμπελιού Σταθμού Τσαρισάνης

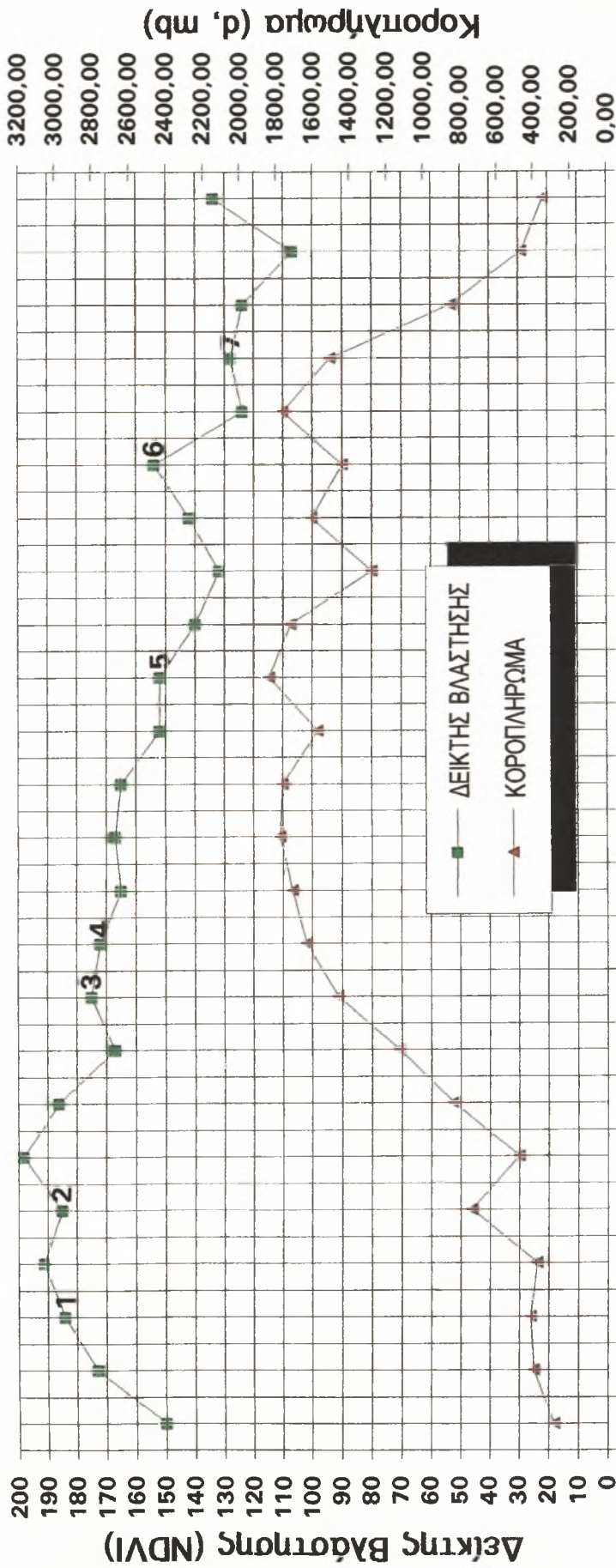
ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ	ΔΕΚΑΗΜΕΡΟ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ (ΗΜΕΡΟΒΑΘΜΟΙ)	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ	ΦΩΤΟ- ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ (°C x Ώρες)	ΚΟΡΟΠΛΗΡΩΜΑ (mb)	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΦΩΤΟ- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΝΥΚΤΟ- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)
	Μαρ1ο	171	17,20	17,20	9,10	9,10	85,42	285,03	13,10	7,49
	Μαρ2ο	199	0,00	17,20	22,20	31,30	123,59	384,14	15,31	8,25
1	Μαρ3ο	192	4,50	21,70	32,32	63,62	318,81	322,55	16,23	10,12
	Απρ1ο	175	114,40	136,10	6,20	69,82	58,26	386,10	12,55	6,40
2	Απρ2ο	186	4,60	140,70	36,30	106,12	349,88	730,31	17,38	9,88
	Απρ3ο	179	10,80	151,50	37,44	143,56	369,89	476,98	16,72	10,77
	Μαϊ1ο	175	78,40	229,90	26,65	170,11	251,39	350,15	15,19	10,14
	Μαϊ2ο	168	19,40	249,30	74,65	244,76	719,90	826,08	21,34	13,59
3	Μαϊ3ο	171	0,80	250,10	134,45	379,21	1308,43	1898,87	26,45	18,76
4	Ιουν1ο	157	15,30	265,40	115,30	494,51	1088,49	1386,31	26,03	17,02
	Ιουν2ο	157	2,40	267,80	123,56	618,07	1205,54	1447,98	27,45	18,76
	Ιουν3ο	143	0,20	268,00	141,84	759,91	1435,09	1458,97	27,99	19,69
	Ιουλ1ο	139	80,00	348,00	100,80	860,71	951,56	1158,19	25,46	16,60
	Ιουλ2ο	141	6,20	354,20	131,80	992,51	1268,41	1359,89	27,09	19,27
5	Ιουλ3ο	137	13,20	367,40	139,99	1132,50	1356,32	1514,00	26,56	18,54
	Αυγ1ο	125	2,80	370,20	155,65	1288,15	1468,89	2339,88	29,24	21,89
	Αυγ2ο	129	0,90	371,10	173,63	1461,78	1671,29	1768,85	31,43	23,35
	Αυγ3ο	132	5,00	376,10	149,29	1611,07	1473,54	1305,91	28,90	20,96
6	Σεπ1ο	140	0,20	376,30	103,10	1714,17	972,11	1298,55	24,95	15,67
	Σεπ2ο	118	5,60	381,90	125,78	1839,95	918,18	1437,39	21,56	16,56
	Σεπ3ο	106	2,80	384,70	108,65	1948,60	698,21	1322,70	19,76	12,66
7	Οκτ1ο	94	19,80	404,50	89,20	2037,80	840,96	701,42	22,08	15,75
	Οκτ2ο	97	45,60	450,10	25,55	2063,35	244,96	451,95	15,09	9,80
	Οκτ3ο	123	45,20	495,30	36,75	2100,10	363,13	439,54	15,95	11,40

Σχήμα 4.6: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Θερμικής Μονάδας Σταθμού Τυνάβου για Καλλιέργεια Αμπελιού 1994



Δεκαήμερα 1994

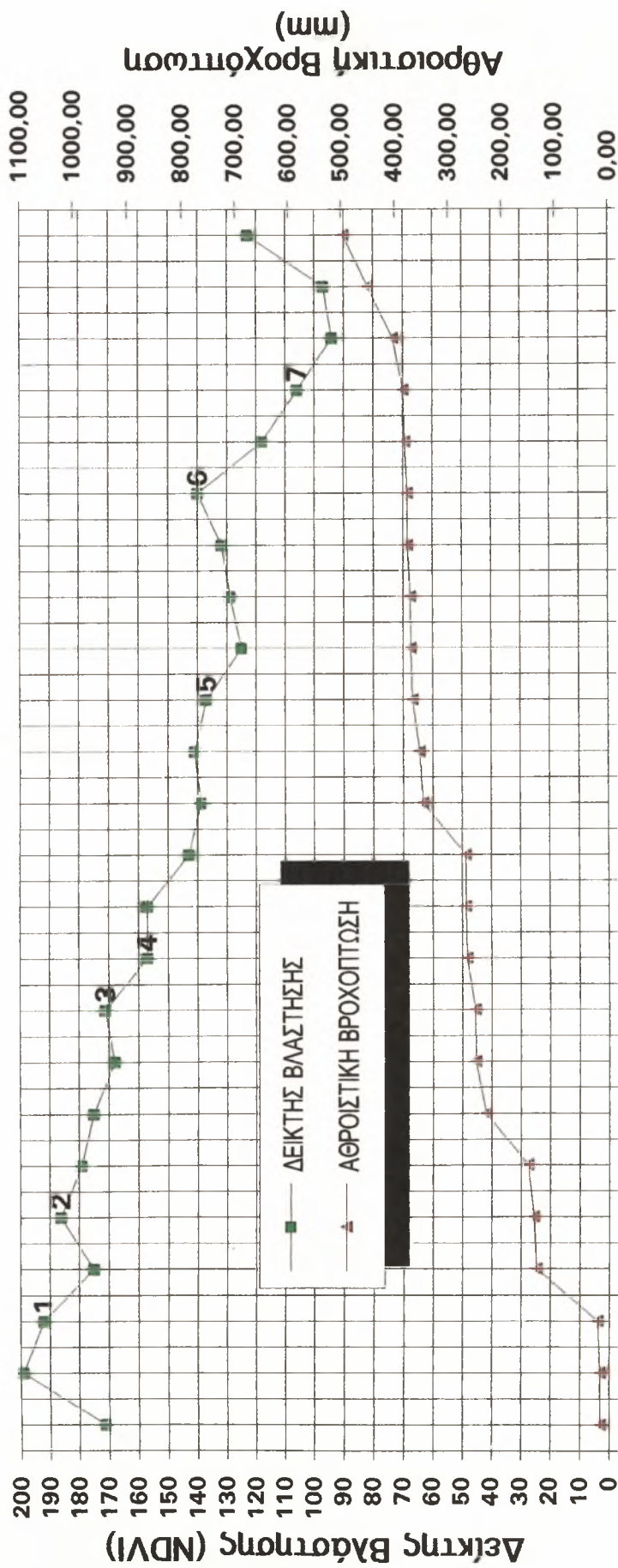
Σχήμα 4.7: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Κοροπληρώματος Σταθμού Τυρνάβου για Καλλιέργεια Αμπελιού 1994



Μαρ Μαρ Απρ Απρ Μαρ Μαϊ Μαϊ Ιουν Ιουν Ιουν Ιουλ Ιουλ Ιουλ Αυγ Αυγ Αυγ Σεπ Σεπ Σεπ Οκτ Οκτ Οκτ
10 20 30 10 20 30 10 20 30 10 20 30 10 20 30 10 20 30 10 20 30

Δεκαήμερα 1994

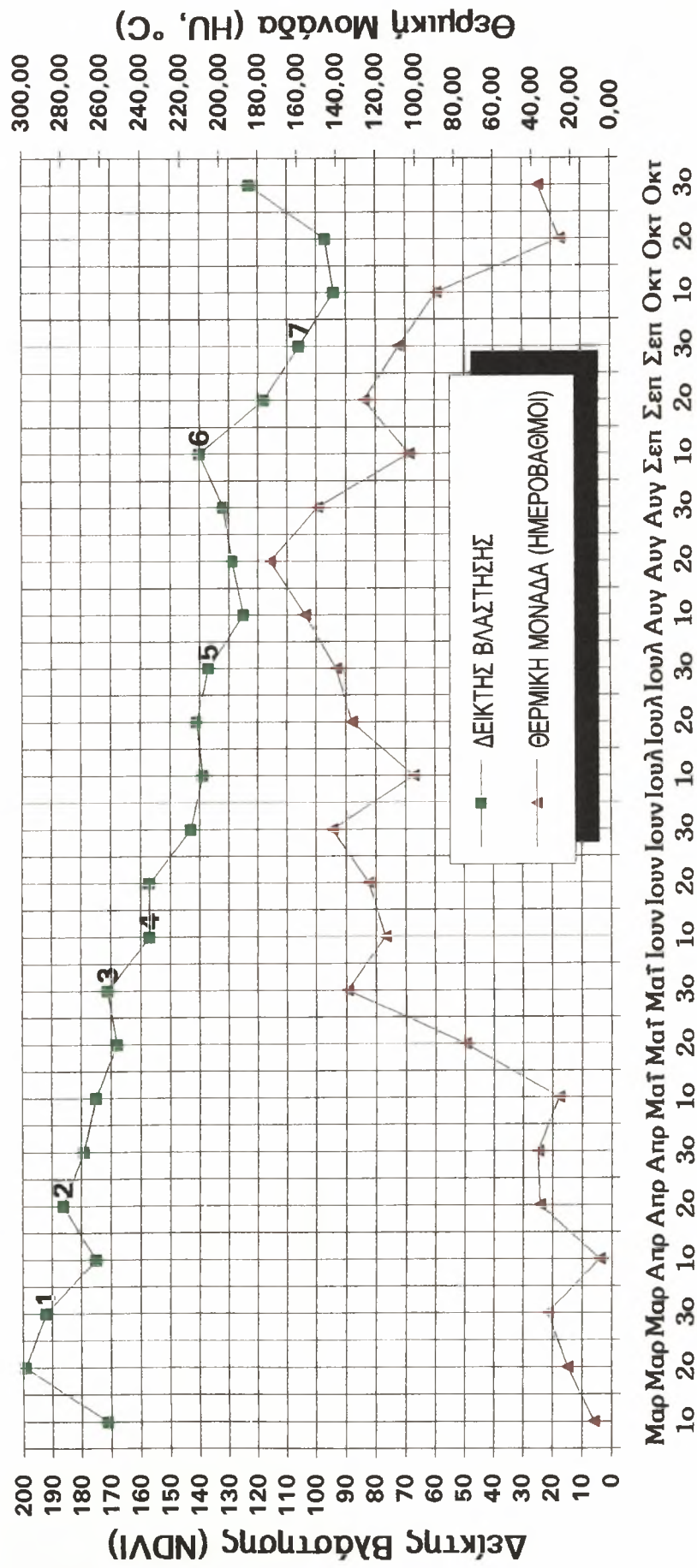
Σχήμα 4.8: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αθροιστικής Βροχοπτώσης Σταθμού Τσαριτσάνης για Καλλιέργεια Αμπελιού 1994



Μαρ Μαρ Απρ Απρ Απρ Μαΐ Μαΐ Ιουν Ιουν Ιουν Ιουλ Ιουλ Ιουλ Αυγ Αυγ Σεπ Σεπ Οκτ Οκτ
1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο

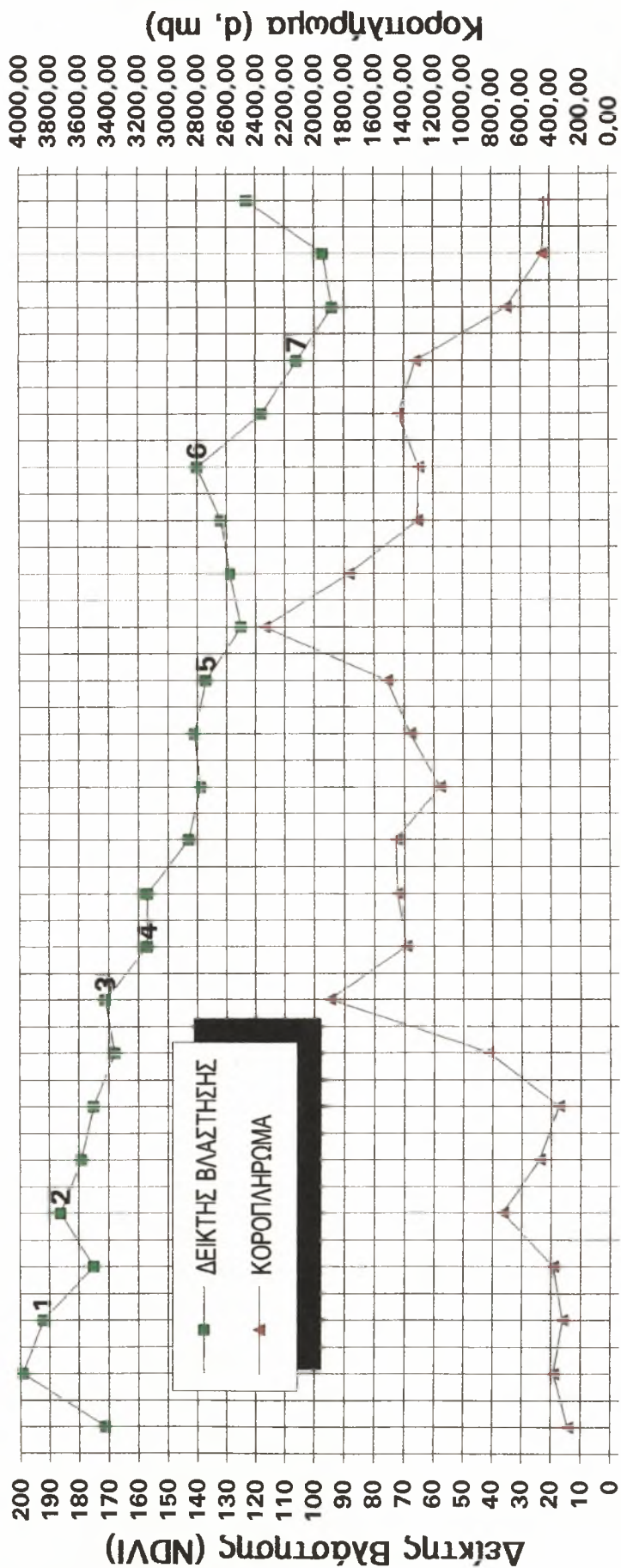
Δεκαήμερα 1994

Σχήμα 4.9: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Θερμικής Μονάδας Σταθμού Τσαριτσάνης για Καλλιέργεια Αμπελιού 1994



Δεκαήμερα 1994

Σχήμα 4.10: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Κοροπληρώματος Σταθμού Τσαριτσάνης για Καλλιέργεια Αμπελιού 1994



Μαρ Μαρ Μαρ Απρ Απρ Απρ Μαϊ Μαϊ Μαϊ Ιουν Ιουν Ιουν Ιουλ Ιουλ Ιουλ Αυγ Αυγ Αυγ Σεπ Σεπ Σεπ Οκτ Οκτ Οκτ
 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο

Δεκαήμερα 1994

4.3 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΜΗΛΩΝ

Οι δύο κυριότερες περιοχές με υψηλό ποσοστό μηλαιώνων, που εντοπίστηκαν στη Θεσσαλία είναι αυτή της Αγιάς και της Καλαμπάκας. Βέβαια, υπάρχουν και σταθμοί, οι οποίοι περιλαμβάνουν καλλιέργειες μηλοειδών μέσα στους εννέα που μελετήθηκαν, αλλά, όπως θα αναφερθεί αργότερα, δεν είναι η κυριαρχούσα και η εκεί βλάστηση είναι μικτή, έχει, δηλαδή, τη μορφή “μωσαϊκού” (Ζαγορά, Βελεστίνο, Νέα Αγχίαλος). Στην περιοχή της Αγιάς καλλιεργούνται κυρίως ποικιλίες κόκκινων και κίτρινων μήλων (Red Delicious, Golden Delicious και άλλες), ενώ στην περιοχή της Καλαμπάκας, που επιλέχθηκε κυριαρχούν τα πράσινα μήλα όψιμης συγκομιδής (Granny Smith). Σε γενικές γραμμές, όπως προκύπτει από τη σχετική βιβλιογραφία [3], τα κυριότερα φαινολογικά στάδια για τις ποικιλίες της ομάδας Delicious είναι αυτά, που φαίνονται στον Πίνακα 4.8 και αυτά των μήλων Granny Smith στον αντίστοιχο Πίνακα 4.9. Τα αντίστοιχα στοιχεία των παραμέτρων και των δεικτών για τους σταθμούς Αγιάς και Καλαμπάκας δίδονται στους Πίνακες 4.10 και 4.11, αντίστοιχα.

Πίνακας 4.8: Κυριότερα Φαινολογικά Στάδια Καλλιέργειας Μήλων Σταθμού Αγιάς (Ομάδα Ποικιλιών Delicious)

ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ ΜΗΛΩΝ		ΕΝΑΡΞΗ ΣΤΑΔΙΟΥ
1ο	ΕΝΑΡΞΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	3ο Μαρτίου
2ο	ΠΛΗΡΗΣ ΑΝΘΙΣΗ	3ο Απριλίου
3ο	ΕΝΑΡΞΗ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ	2ο Ιουνίου
4ο	ΩΡΙΜΑΝΣΗ-ΕΝΑΡΞΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ	1ο Σεπτεμβρίου
5ο	ΠΕΡΑΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ	3ο Σεπτεμβρίου

Στην καμπύλη του δείκτη βλάστησης (Σχήμα 4.11) για το σταθμό της Αγιάς παρατηρείται μετά το στάδιο της έναρξης βλάστησης και κατά το στάδιο της ανθοφορίας (στάδιο 2) μία απότομη αύξηση της τιμής του δείκτη NDVI, η οποία δεν εξηγείται φυσιολογικά, με βάση τη φαινολογία. Η μόνη πιθανή εξήγηση, που μπορεί να δοθεί είναι η επίδραση των αποθεμάτων υγρασίας λόγω του υψηλού, σχετικά, ύψους βροχής κατά το 3ο δεκαήμερο του Απριλίου 1994, αφού στην αντίστοιχη περίοδο στην Καλαμπάκα (Σχήμα 4.12) οι τιμές του δείκτη βλάστησης ακολουθούν ομαλή και ελαφρά αυξανόμενη πορεία και οι αντίστοιχες τιμές της βροχόπτωσης είναι φυσιολογικές για την εποχή. Επίσης και στις δύο περιοχές το συνολικό

ύψος βροχής για όλη την καρπική περίοδο (πλήρης ανθοφορία έως φυσιολογική ωρίμανση: περίπου 150 ημέρες) είναι ικανοποιητικό για την ανάπτυξη των δένδρων (Πίνακες 4.10 και 4.11), αφού απαιτούν δροσερό καλοκαίρι για την παραγωγή καρπών καλής ποιότητας [3].

Πίνακας 4.9: Κυριότερα Φαινολογικά Στάδια Καλλιέργειας Μήλων Σταθμού Καλαμπάκας (Κυριαρχούσα Ποικιλία: Granny Smith, πράσινα μήλα)

ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ ΜΗΛΩΝ		ΕΝΑΡΞΗ ΣΤΑΔΙΟΥ
1ο	ΕΝΑΡΞΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	3ο Μαρτίου
2ο	ΠΛΗΡΗΣ ΑΝΘΙΣΗ	1ο Μαΐου
3ο	ΕΝΑΡΞΗ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ	3ο Ιουνίου
4ο	ΩΡΙΜΑΝΣΗ-ΕΝΑΡΞΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ	1ο Οκτωβρίου
5ο	ΠΕΡΑΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ	3ο Οκτωβρίου

Στο τελευταίο τμήμα της καμπύλης του δείκτη βλάστησης παρατηρείται φυσιολογική ελάττωση των τιμών του δείκτη (κάτω των 140), εφόσον τα δένδρα βρίσκονται στο τέλος του βιολογικού τους κύκλου και οδεύουν από την ωρίμανση στη συγκομιδή. Τα φύλλα λεπταίνουν και χάνουν σταδιακά τη χλωροφύλλη τους και, κατά συνέπεια, μειώνεται και η τιμή του δείκτη βλάστησης. Βέβαια οι πρώιμες βροχές του φθινοπώρου δίνουν κάποια περαιτέρω αύξηση στις τιμές του δείκτη, αλλά αυτό δικαιολογείται, όπως έχει προαναφερθεί. Όσο αφορά στη θερμική μονάδα (Σχήματα 4.13 και 4.14) οι απαιτήσεις της καλλιέργειας για ολοκλήρωση της καρπικής περιόδου (2.200 HU επάνω από 10°C) [3] συμπληρώνονται και στους δύο σταθμούς, αλλά χωρίς άλλη ιδιαίτερη συσχέτιση με τα επιμέρους φαινολογικά στάδια. Εξαίρεση αποτελεί η επίδραση που έχει η απότομη αύξηση των ημερόβαθμων στα τρία δεκαήμερα του Μαΐου στη μικρή (Αγιά) ή σημαντική (Καλαμπάκα) αύξηση των τιμών του δείκτη. Όπως προκύπτει από τη σχετική βιβλιογραφία [3] η επίδραση αυτή μπορεί να χαρακτηριστεί ως ευνοϊκή, διότι πραγματοποιείται ανάμεσα στα στάδια 2 και 3 (άνθιση-ωρίμανση). Τέλος, όσο αφορά στους υπόλοιπους τέσσερις δείκτες δεν παρατηρούνται κάποιες σημαντικές συσχετίσεις (Παράρτημα 6: Σχήματα Π6.1, Π6.2, Π6.3, Π6.4, Π6.5, Π6.6, Π6.7 και Π6.8).

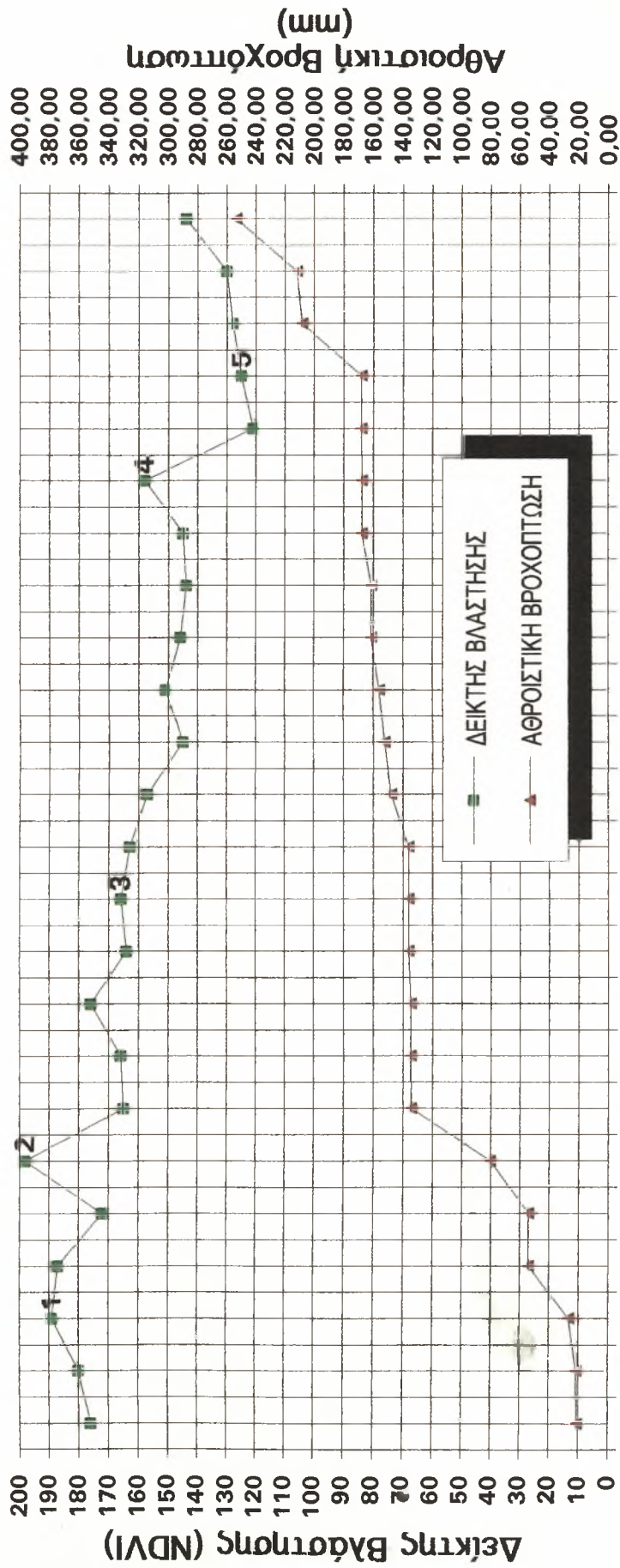
Πίνακας 4.10: Εκτιμούμενες Μεταβλητές Καλλιέργειας Μήλων Σταθμού Αγιάς

ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ	ΔΕΚΑΗΜΕΡΟ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)	ΑΘΡΟΣΙΤΙΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ (ΗΜΕΡΟΒΑΘΜΟΙ)	ΑΘΡΟΣΙΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ	ΦΩΤΟ-ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ (°C x Ώρες)	ΚΟΡΥΠΛΗΡΩΜΑ (mb)	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΦΩΤΟ-ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΝΥΚΤΟ-ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)
	Μαρ1ο	176	20,40	21,40	6,05	6,05	56,77	277,45	12,35	7,02
	Μαρ2ο	180	0,20	21,60	20,85	26,90	201,02	367,16	14,79	8,01
1	Μαρ3ο	189	5,00	26,60	24,50	51,40	241,67	266,88	15,13	9,55
	Απρ1ο	187	27,40	54,00	19,75	71,15	185,95	311,66	14,44	9,03
	Απρ2ο	172	0,00	54,00	52,35	123,50	504,60	595,61	18,19	12,28
2	Απρ3ο	198	26,40	80,40	49,44	172,94	488,00	264,35	17,67	12,22
	Μαϊ1ο	165	54,00	134,40	43,70	216,64	412,14	252,05	16,86	11,87
	Μαϊ2ο	166	0,40	134,80	77,55	294,19	747,67	561,45	21,14	14,37
	Μαϊ3ο	176	0,00	134,80	134,56	428,75	1329,65	1495,91	27,75	19,16
	Ιουν1ο	164	1,60	136,40	101,10	529,85	953,93	1066,67	23,61	16,61
3	Ιουν2ο	166	0,00	136,40	113,15	643,00	1089,64	1055,96	25,30	17,33
	Ιουν3ο	163	0,00	136,40	135,75	778,75	1339,98	1294,30	27,24	19,91
	Ιουλ1ο	157	11,80	148,20	144,40	923,15	1362,33	1297,81	27,98	20,90
	Ιουλ2ο	145	4,20	152,40	136,35	1059,50	1313,38	1164,98	27,20	20,07
	Ιουλ3ο	151	3,40	155,80	142,00	1201,50	1401,58	1392,81	27,31	21,09
	Αυγ1ο	146	5,60	161,40	142,55	1344,05	1345,25	1239,42	27,99	20,52
	Αυγ2ο	144	0,00	161,40	162,20	1506,25	1559,29	1459,31	30,21	22,24
	Αυγ3ο	145	6,20	167,60	137,38	1643,63	1356,21	1005,89	27,64	19,83
4	Σεπ1ο	158	0,00	167,60	129,65	1773,28	1223,40	961,36	26,60	19,33
	Σεπ2ο	121	0,40	168,00	136,75	1910,03	1315,69	1210,53	27,76	19,59
5	Σεπ3ο	125	0,00	168,00	114,44	2024,47	1130,52	845,70	25,53	17,35
	Οκτ1ο	128	40,20	208,20	103,55	2128,02	976,16	394,12	23,14	17,57
	Οκτ2ο	130	4,00	212,20	50,02	2178,04	468,00	168,45	17,49	13,99
	Οκτ3ο	144	41,10	253,30	58,27	2236,31	498,67	173,56	17,76	14,04

Πίνακας 4.11: Εκτιμώμενες Μεταβλητές Καλλιέργειας Μήλων Σταθμού Καλαμπάκας

ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ	ΔΕΚΑΗΜΕΡΟ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)	ΑΘΡΟΣΙΤΙΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ (ΗΜΕΡΩΒΑΘΜΟΙ) (°C)	ΑΘΡΟΣΙΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ	ΦΩΤΟ- ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ (°C x Ωρες)	ΚΟΡΟΠΛΗΡΩΜΑ (mb)	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΦΩΤΟ- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΝΥΚΤΟ- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)
	Μαρ1ο	145	18,00	18,00	6,30	6,30	59,11	422,54	12,49	6,22
	Μαρ2ο	149	0,00	18,00	14,10	20,40	135,83	509,20	13,99	7,32
1	Μαρ3ο	152	6,00	18,60	36,81	57,21	363,64	670,30	16,52	10,18
	Απρ1ο	160	56,80	75,40	7,30	64,51	68,49	353,51	12,42	7,41
	Απρ2ο	165	0,80	76,20	47,05	111,56	453,48	790,12	17,79	11,62
	Απρ3ο	172	18,40	94,60	40,56	152,12	401,11	435,65	16,82	11,29
2	Μαϊ1ο	167	33,40	128,00	31,05	183,17	292,69	384,10	15,44	10,77
	Μαϊ2ο	191	5,60	133,60	75,55	258,72	728,28	687,41	20,88	14,23
	Μαϊ3ο	218	2,40	136,00	127,56	386,28	1260,39	1539,74	26,91	18,60
	Ιουν1ο	217	0,00	136,00	92,70	478,98	874,37	1223,73	23,00	15,54
	Ιουν2ο	225	0,20	136,20	108,10	587,08	1041,54	1303,70	24,82	16,80
3	Ιουν3ο	213	0,00	136,20	123,65	710,73	1123,78	1230,00	25,01	18,65
	Ιουλ1ο	196	0,00	136,20	137,56	848,29	1232,92	1140,27	26,71	19,44
	Ιουλ2ο	195	0,30	136,50	142,65	990,94	1372,47	1275,22	27,86	20,67
	Ιουλ3ο	188	0,00	136,50	149,54	1140,48	1298,23	1226,36	26,56	20,98
	Αυγ1ο	167	10,80	147,30	151,89	1292,37	1378,92	1447,92	28,62	20,60
	Αυγ2ο	191	5,10	152,40	152,54	1444,91	1651,23	1526,32	26,56	22,56
	Αυγ3ο	196	4,30	156,70	149,11	1594,02	1487,00	1326,54	25,78	22,40
	Σεπ1ο	174	0,00	156,70	145,23	1739,25	1305,23	1394,54	25,70	24,05
	Σεπ2ο	156	0,00	156,70	147,65	1886,90	1401,65	1154,58	23,74	22,54
	Σεπ3ο	174	6,60	163,30	116,30	2003,20	1098,40	1262,32	23,00	17,56
4	Οκτ1ο	182	6,80	170,10	96,85	2100,05	913,20	794,96	22,74	16,63
	Οκτ2ο	167	53,20	223,30	45,30	2145,35	434,52	486,17	16,90	12,16
5	Οκτ3ο	160	102,20	325,50	38,13	2183,48	377,30	267,70	15,78	11,84

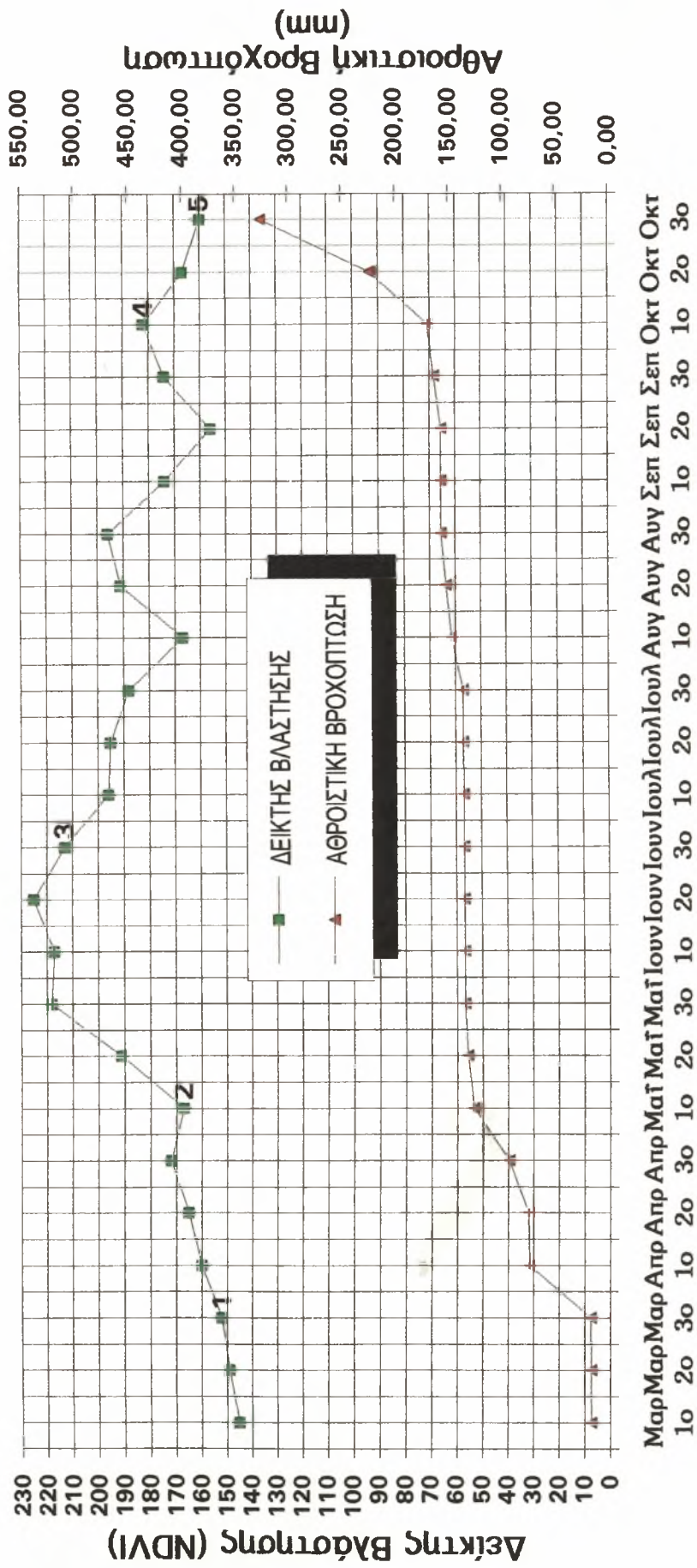
Σχήμα 4.11: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αθροιστικής Βροχόπτωσης Σταθμού Αγίας για Καλλιέργεια Μήλων 1994



Μαρ Μαρ Μαρ Απρ Απρ Απρ Μαΐ Μαΐ Μαΐ Ιουν Ιουν Ιουν Ιουλ Ιουλ Ιουλ Αυγ Αυγ Αυγ Σεπ Σεπ Σεπ Οκτ Οκτ Οκτ
1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο

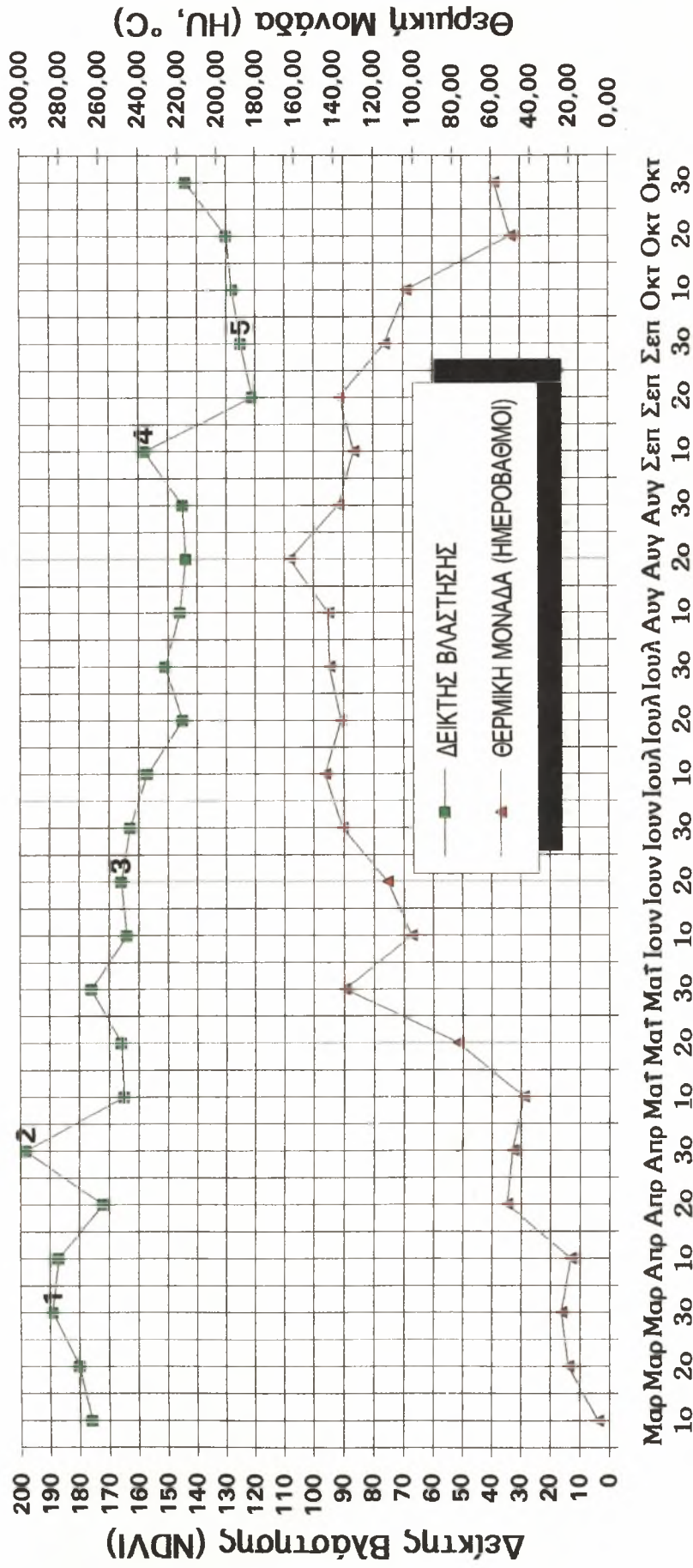
Δεκαήμερα 1994

Σχήμα 4.12: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αθροιστικής Βροχόπτωσης Σταθμού Καλαμπάκας για Καλλιέργεια Μήλων 1994



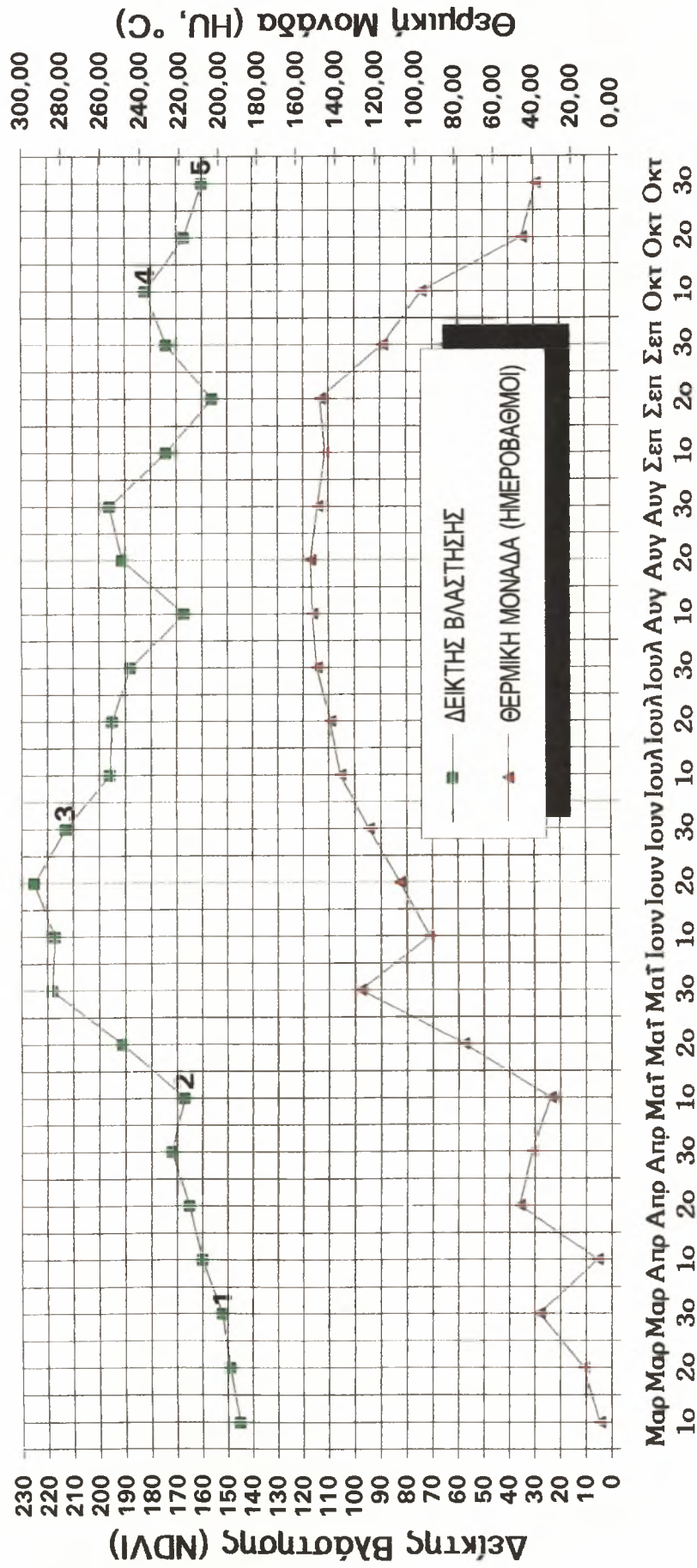
Δεκαήμερα 1994

Σχήμα 4.13: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Θερμικής Μονάδας Σταθμού Αγιάς για Καλλιέργεια Μήλων 1994



Δεκαήμερα 1994

Σχήμα 4.14: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Θερμικής Μονάδας Σταθμού Καλαμπάκας για Καλλιέργεια Μήλων 1994



Δεκαήμερα 1994

4.4 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕ ΣΥΝΘΕΤΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ

Οι υπόλοιπες τρεις περιοχές Ζαγοράς, Βελεστίνου και Νέας Αγχιάλου παρουσιάζουν το σημαντικό μειονέκτημα για την παρούσα εργασία της ύπαρξης μικτής βλάστησης, δηλαδή της μη επικράτησης μίας βασικής καλλιέργειας στο σκηνικό της επίγειας βλάστησης έτσι, ώστε η ψηφιακή δορυφορική πληροφορία του δείκτη NDVI να αντικατοπτρίζει έναν μόνο τύπο βλάστησης. Επιπλέον η χαμηλή ευκρίνεια, δηλαδή η μεγάλη μοναδιαία επιφάνεια ανάλυσης (pixel) του 1×1 χλμ² εμποδίζει την εξαγωγή συμπερασμάτων, όσο αφορά στην εξέλιξη και ανάπτυξη των καλλιεργειών, που εμπλέκονται, πόσο μάλλον στην ταυτοποίηση των επιμέρους φαινολογικών σταδίων και τον χρονικό εντοπισμό τους. Η ύπαρξη, επίσης και άλλων τύπων κάλυψης του εδάφους, εκτός από αροτριάδες καλλιέργειες, όπως για παράδειγμα δασική βλάστηση (Ζαγορά) ή θερμοκήπια λαχανοκομικών καλλιεργειών (Βελεστίνο) ή ακαλλιέργητες εκτάσεις σε υπολογίσιμο ποσοστό, δημιουργούν επιπρόσθετη δυσχέρεια μελέτης της συμπεριφοράς της βλάστησης. Τέλος, η έντονη ορογραφία (Ζαγορά) επηρεάζει σε πολύ σημαντικό βαθμό την εκτίμηση της θέσης των καλλιεργειών, αφού αυτές μεταβάλλονται με το υψόμετρο με τη δασική βλάστηση. Πάντως, όσο δύσκολη και να είναι η περίπτωση της μελέτης της σύνθετης βλάστησης, όσο αφορά στα ραδιομετρικά της χαρακτηριστικά, είναι δυνατό να παρουσιαστεί η γενική μορφή των καμπυλών του δείκτη βλάστησης και να γίνουν κάποια σχόλια ή να επιχειρηθεί διερεύνηση και ερμηνεία φαινολογικών σταδίων καλλιεργειών, τουλάχιστο σε ορισμένες περιοχές και χρονικές περιόδους ανάπτυξης των φυτών.

Η καμπύλη του δείκτη βλάστησης (Σχήμα 4.15) για το σταθμό της Ζαγοράς παρουσιάζεται με μορφή τυπική για τη βλαστική ανάπτυξη πολλών ειδών καλλιεργειών, δηλαδή ένα είδος κωδωνοειδούς καμπύλης. Το πρώτο τμήμα της παρουσιάζει μία ομαλή και σταδιακή άνοδο μέχρι και το 2ο δεκαήμερο Απριλίου 1994, αλλά οι τιμές του δείκτη βλάστησης είναι πολύ χαμηλές (μικρότερες από 140), γεγονός, που υποδηλώνει απουσία βλάστησης. Αυτό είναι λογικό, διότι η φυλλοβόλος βλάστηση (καστανιά, οξιά, βελανιδιά) ενεργοποιείται σχετικά αργά την άνοιξη και συγκεκριμένα περί τα τέλη Μαΐου και η φωτοσυνθετική της κορύφωση τοποθετείται χρονικά στα τέλη Ιουνίου. Αυτό το φαινόμενο αντικατοπτρίζεται και στην καμπύλη, όπου ο δείκτης βλάστησης προσεγγίζει τη μέγιστη τιμή του (244) και στη συνέχεια ελαττώνεται σταδιακά μέχρι και το 2ο δεκαήμερο του Οκτωβρίου, οπότε και η δασική βλάστηση και τα οπωροφόρα δένδρα

(μηλιές, κερασιές κλπ) έχουν τερματίσει το βιολογικό τους κύκλο. Δηλαδή, αν και το ποσοστό, που καταλαμβάνουν οι μηλαιώνες στη διαμόρφωση της βλάστησης είναι σημαντικό, χαμηλότερο, όμως, του 50%, δεν προσδιορίζονται τα επιμέρους φαινολογικά στάδια τους στην καμπύλη, διότι υπάρχει επικάλυψη από τις υψηλές τιμές δείκτη βλάστησης των δασικών φυτών, που προαναφέρθηκαν.

Συσχέτιση με τις παραμέτρους, που εκτιμώνται από τη θερμοκρασία (Παράρτημα 7: Σχήματα Π7.1 έως Π7.5), δε φαίνεται να υπάρχει σε γενικές γραμμές, δεδομένου ότι ο καθοριστικός παράγοντας για την αύξηση οποιουδήποτε φυτού στο οικοσύστημα του Πηλίου, που είναι η συνολική ετήσια βροχόπτωση και τα συνεπαγόμενα υδατικά αποθέματα, που δημιουργεί ικανοποιείται ούτως ή άλλως (Πίνακας 4.12). Σημαντική είναι η επίδραση των ραγδαίων βροχοπτώσεων του 3ο δεκαημέρου του Οκτωβρίου 1994 ύψους 550 mm περίπου (Πίνακας 4.4) στην τιμή του δείκτη βλάστησης, η οποία μεταβάλλεται απότομα λόγω των υδατικών αποθεμάτων από 117 σε 197 (ή από 0.14 σε 0.45).

Στην περίπτωση του Βελεστίνου κυμαινόμενη είναι η επίδραση της θερμικής μονάδας στο δείκτη βλάστησης (Σχήμα 4.16), η καμπύλη της οποίας ακολουθεί σχεδόν παράλληλη πορεία κυρίως για το πεντάμηνο από Ιούνιο και μετά, γεγονός, που υποδηλώνει τη σημασία των ημεροβαθμών σε πεδινές και ζεστές περιοχές όπως είναι το Βελεστίνο, έστω και αν η βλάστηση, που ερμηνεύει ο δείκτης NDVI είναι μικτή. Επίσης, όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.13, συμπληρώνονται 2500 θερμικές μονάδες, οι οποίες είναι απαραίτητες για πολλές καλλιέργειες της περιοχής, όπως μηλοειδή, αμυγδαλιές και βαμβάκι. Τέλος, θα μπορούσε να σχολιασθεί το τμήμα της καμπύλης του δείκτη βλάστησης για τα 10 πρώτα δεκαήμερα, που κατά 90% αντιπροσωπεύει καλλιέργειες χειμερινών σιτηρών, εφόσον οι τιμές του δείκτη είναι ενδεικτικές αυτών. Οι τιμές φθάνουν σε ένα ελάχιστο τον Ιούνιο, οπότε κλείνει ο κύκλος με τη συγκομιδή και αμέσως μετά αυξάνουν, διότι αντιπροσωπεύουν φαινολογικά στάδια των υπολοίπων καλλιεργειών, που παρουσιάζουν φωτοσυνθετική δραστηριότητα. Τα διαγράμματα συμμεταβολής του δείκτη βλάστησης και των άλλων μετεωρολογικών παραμέτρων δίδονται στο Παράρτημα 7 (Σχήματα Π7.7 έως Π7.10).

Η βλάστηση γύρω από την περιοχή της Νέας Αγχιάλου είναι ακόμη πιο σύνθετη και γι' αυτό η καμπύλη του δείκτη βλάστησης δεν παρουσιάζει ομαλή μορφή, που να δικαιολογεί ύπαρξη και κυριαρχία ενός ή έστω δύο τύπων καλλιεργειών, αλλά αποδεικνύει, ότι εμπλέκονται πολύ περισσότερες. Έτσι είναι λογικό να μην παρουσιάζονται συσχετίσεις με τους

μετεωρολογικούς δείκτες (Παράρτημα 7: Σχήματα Π7.11 έως Π7.15). Εξαίρεση, ίσως, αποτελεί το κοροπλήρωμα (Σχήμα 4.17 και Πίνακας 4.14), όπου φαίνεται κάποια άμεση συσχέτιση σε ορισμένα δεκαήμερα και συμπεραίνεται, ότι η αύξηση της σχετικής υγρασίας του αέρα δημιουργεί, σε γενικές γραμμές, ευνοϊκές συνθήκες για αύξηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτών.

Πίνακας 4.12: Εκτιμώμενες Μεταβλητές Σταθμού Ζαγοράς

ΔΕΚΑΗΜΕΡΟ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)	ΛΘΡΟΣΙΤΙΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ (ΗΜΕΡΟΒΑΘΜΟΙ) (°C)	ΑΘΡΟΣΙΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ	ΦΩΤΟ-ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ (°C x Ώρες)	ΚΟΡΟΠΛΗΡΩΜΑ (mb)	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΦΩΤΟ-ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΝΥΚΤΟ-ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)
Μαρ1ο	128	16,00	16,00	9,00	9,00	84,45	351,70	10,95	8,09
Μαρ2ο	130	0,00	16,00	23,80	32,80	229,35	496,28	13,19	10,05
Μαρ3ο	135	0,00	16,00	28,60	61,40	277,32	418,09	14,29	10,80
Απρ1ο	138	3,40	19,40	22,75	84,15	214,32	459,15	13,48	10,83
Απρ2ο	153	38,20	57,60	64,25	148,40	618,72	842,50	18,16	14,69
Απρ3ο	198	9,40	67,00	47,75	196,15	472,30	365,13	16,24	13,31
Μαϊ1ο	207	70,00	137,00	37,80	233,95	356,26	326,62	15,10	12,47
Μαϊ2ο	206	0,40	137,40	103,90	337,85	1003,07	997,44	22,05	18,73
Μαϊ3ο	236	0,20	137,60	117,67	455,52	1123,00	112,37	22,98	19,74
Ιουν1ο	236	4,80	142,40	97,40	552,92	918,59	1111,67	21,58	17,90
Ιουν2ο	242	0,00	142,40	119,20	672,12	1148,25	1106,10	23,55	20,28
Ιουν3ο	246	0,00	142,40	138,19	810,31	1364,23	1450,95	25,47	22,17
Ιουλ1ο	244	14,00	156,40	148,90	959,21	1404,77	1393,43	26,65	23,13
Ιουλ2ο	235	4,40	160,80	137,90	1097,11	1328,61	1284,34	25,52	22,06
Ιουλ3ο	221	2,60	163,40	139,88	1236,99	1380,78	1285,51	25,58	22,39
Αυγ1ο	215	0,80	164,20	153,50	1390,49	1448,49	1585,75	27,04	23,66
Αυγ2ο	210	0,20	164,40	172,15	1526,64	1654,26	1932,08	28,74	25,69
Αυγ3ο	208	12,00	176,40	150,06	1712,70	1481,21	1425,47	26,87	23,15
Σεπ1ο	206	0,00	176,40	133,80	1846,50	1262,88	1054,05	25,02	21,74
Σεπ2ο	178	0,00	176,40	150,20	1996,70	1445,10	1562,57	26,64	23,40
Σεπ3ο	175	0,00	176,40	128,56	2125,26	1270,01	1279,88	24,59	21,12
Οκτ1ο	181	62,00	238,40	98,15	2223,41	924,99	426,63	21,04	18,59
Οκτ2ο	117	234,20	472,60	43,60	2267,01	419,10	164,41	15,15	13,57
Οκτ3ο	197	541,80	1014,40	56,44	2323,45	558,14	265,59	16,67	14,62

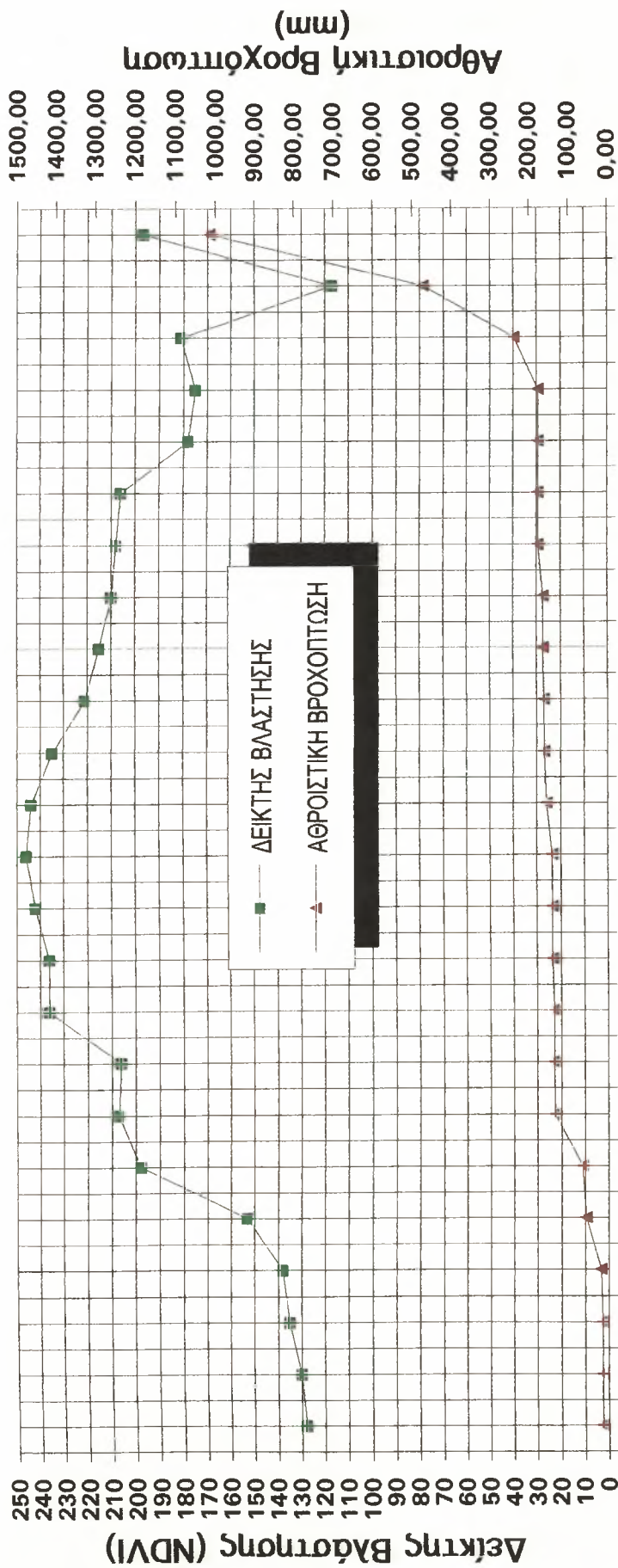
Πίνακας 4.13: Εκτιμούμενες Μεταβλητές Σταθμού Βελεστίου

ΔΕΚΑΗΜΕΡΟ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)	ΛΕΥΧΟΠΤΩΣΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ	ΛΕΥΧΟΠΤΩΣΗ (ΗΜΕΡΟΒΑΘΜΟΙ) (°C)	ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ (ΗΜΕΡΟΒΑΘΜΟΙ) (°C)	ΑΘΡΟΣΙΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ (°C x Ωρες)	ΚΟΡΟΠΛΗΡΩΜΑ (mb)	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΦΩΤΟ-ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΝΥΚΤΟ-ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)
Μαρ1ο	159	1,50	1,50	8,35	8,35	8,35	334,97	12,58	6,74
Μαρ2ο	164	0,00	1,50	30,90	39,25	297,33	577,36	16,68	9,50
Μαρ3ο	173	8,60	10,10	20,69	59,94	203,43	462,26	14,94	8,88
Απρ1ο	181	27,00	37,10	26,10	86,04	245,83	516,38	15,41	9,41
Απρ2ο	149	0,20	37,30	71,00	157,04	684,08	982,85	20,45	13,75
Απρ3ο	166	15,40	52,70	62,19	219,23	614,30	560,09	19,40	13,03
Μαϊ1ο	162	36,80	89,50	52,65	271,88	496,66	495,71	17,92	12,61
Μαϊ2ο	144	0,00	89,50	101,35	373,23	976,91	1029,92	23,57	16,70
Μαϊ3ο	136	1,00	90,50	149,81	523,04	1480,16	2161,16	29,68	20,28
Ιουν1ο	131	0,00	90,50	118,45	641,49	1117,34	1704,94	25,31	18,38
Ιουν2ο	141	1,40	91,90	133,20	774,69	1282,71	1831,93	27,56	19,08
Ιουν3ο	149	0,00	91,90	151,50	926,19	1495,50	1954,73	28,84	21,46
Ιουλ1ο	148	20,80	112,70	159,30	1085,49	1503,02	1921,58	29,71	22,15
Ιουλ2ο	145	5,40	118,10	142,90	1228,39	1376,68	1594,13	27,65	20,93
Ιουλ3ο	167	0,00	118,10	147,12	1375,51	1452,06	1851,12	27,90	21,53
Αυγ1ο	168	5,00	121,10	152,60	1528,11	1440,11	1765,46	29,02	21,51
Αυγ2ο	165	1,80	122,90	176,50	1704,61	1697,25	2187,60	31,50	23,80
Αυγ3ο	158	11,20	134,10	147,25	1851,86	1453,52	1630,64	28,84	20,61
Σεπ1ο	153	0,00	134,10	138,05	1989,91	1302,91	1348,50	27,74	19,87
Σεπ2ο	119	0,00	134,10	150,35	2140,26	1446,45	1839,03	29,38	20,69
Σεπ3ο	102	0,00	134,10	124,50	2264,76	1230,01	1457,53	26,97	17,93
Οκτ1ο	96	37,80	171,90	115,60	2380,36	1089,86	813,78	24,42	18,70
Οκτ2ο	88	16,20	188,10	57,05	2437,41	548,24	388,62	17,59	13,82
Οκτ3ο	110	164,00	352,10	63,44	2500,85	626,90	390,66	18,40	14,29

Πίνακας 4.14: Εκτιμούμενες Μεταβλητές Σταθμού Νέας Αγχιάλου

ΔΕΚΑΗΜΕΡΟ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ (ΗΜΕΡΟΒΑΘΜΟΙ) (°C)	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ (°C x Ωρες)	ΦΩΤΟ-ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ (°C x Ωρες)	ΚΟΡΟΠΛΗΡΩΜΑ (m)	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΝΥΚΤΟ-ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)
Απρ1ο	178	21,40	21,40	24,70	24,70	232,64	508,99	14,94	9,96
Απρ2ο	167	0,00	21,40	56,85	81,55	546,88	767,82	18,27	13,10
Απρ3ο	185	38,80	60,20	56,88	138,43	562,07	494,34	17,98	13,40
Μαϊ1ο	168	40,20	100,40	44,00	182,43	415,14	464,44	16,50	12,30
Μαϊ2ο	152	0,20	100,60	75,05	257,43	723,33	667,90	20,31	14,70
Μαϊ3ο	147	0,40	101,00	127,37	384,80	1258,61	1549,01	26,32	19,16
Ιουν1ο	178	1,00	102,00	94,85	479,65	894,89	1165,00	22,66	16,31
Ιουν2ο	146	0,00	102,00	112,95	592,60	1087,53	1204,52	24,51	18,08
Ιουν3ο	170	0,00	102,00	131,56	724,16	1298,44	1342,86	26,27	20,05
Ιουλ1ο	152	12,40	114,40	144,25	868,41	1360,93	1316,07	27,16	21,69
Ιουλ2ο	161	14,60	129,00	141,55	1009,96	1363,30	1336,01	26,91	21,40
Ιουλ3ο	166	1,00	130,00	140,31	1150,27	1385,25	1470,82	26,78	21,28
Αυγ1ο	153	0,00	130,00	147,45	1297,72	1391,28	1462,71	27,51	21,98
Αυγ2ο	147	0,00	130,00	161,10	1458,82	1549,06	1634,60	29,29	22,92
Αυγ3ο	145	0,00	130,00	141,06	1599,88	1393,13	1264,53	27,33	20,88
Σεπ1ο	163	0,00	130,00	129,55	1729,43	1222,52	1036,63	25,98	19,93
Σεπ2ο	125	0,00	130,00	136,95	1866,38	1318,04	1300,84	27,17	20,22
Σεπ3ο	120	0,00	130,00	113,87	1980,25	1124,53	1053,45	24,78	17,99

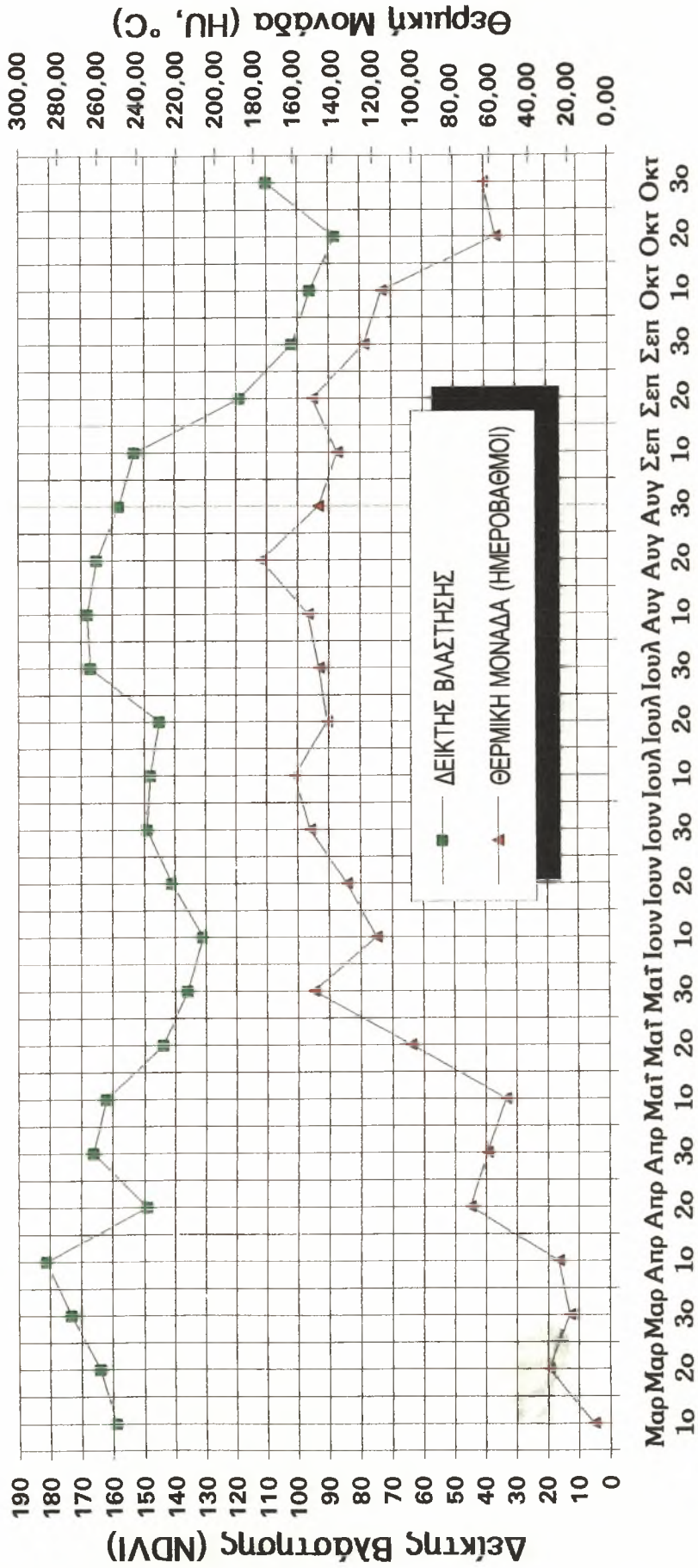
Σχήμα 4.15: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αθροιστικής Βροχόπτωσης Σταθμού Ζαγοράς για το 1994



Μαρ Μαρ Μαρ Απρ Απρ Απρ Μαϊ Μαϊ Μαϊ Ιουν Ιουν Ιουν Ιουλ Ιουλ Ιουλ Αυγ Αυγ Αυγ Σεπ Σεπ Σεπ Οκτ Οκτ Οκτ
1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο

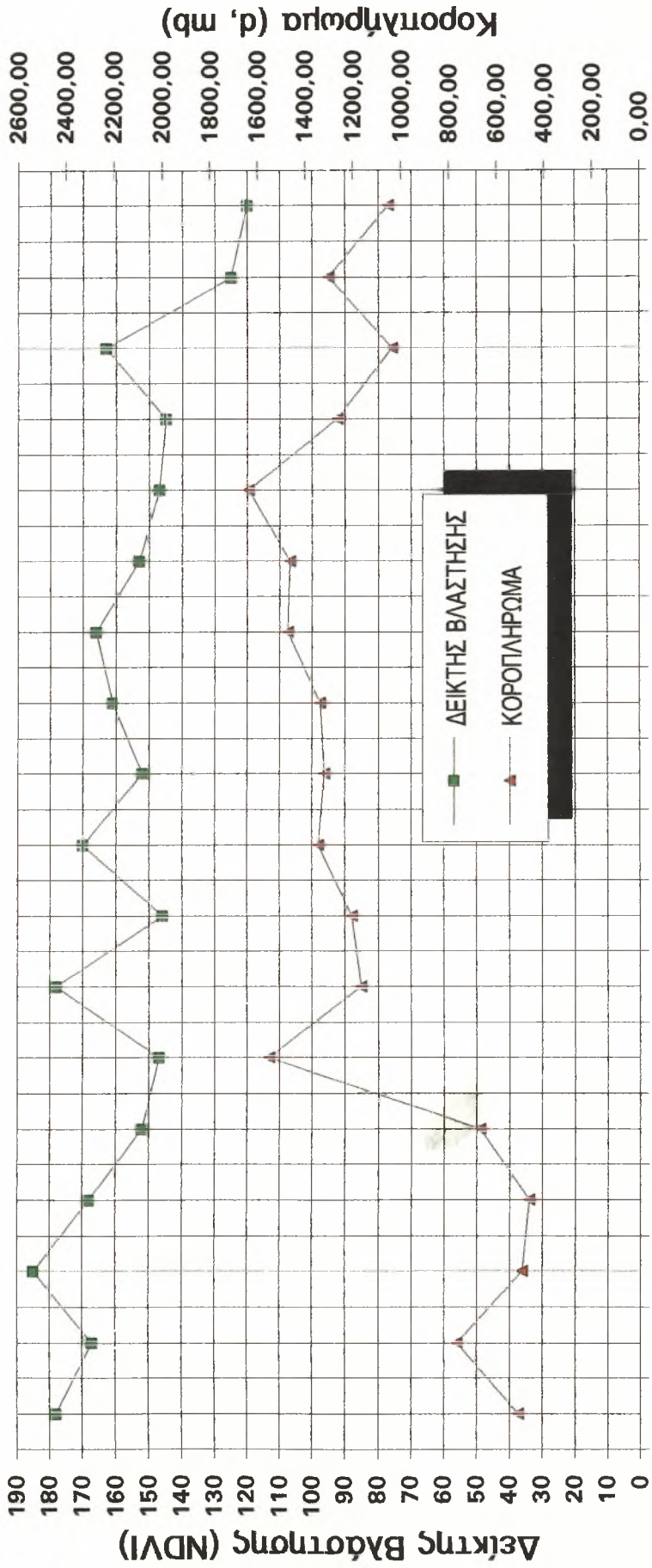
Δεκαήμερα 1994

Σχήμα 4.16: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Θερμικής Μονάδας Σταθμού Βελεστίου για το 1994



Δεκαήμερα 1994

Σχήμα 4.17: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Κοροπληρώματος Σταθμού Νέας Αγχιάλου για το 1994



Απρ1ο Απρ2ο Απρ3ο Μαί3ο Μαί4ο Μαί5ο Ιουν1ο Ιουν2ο Ιουν3ο Ιουν4ο Ιουν5ο Ιουν6ο Ιουν7ο Ιουν8ο Ιουν9ο Ιουν10ο Ιουν11ο Ιουν12ο Ιουν13ο Ιουν14ο Ιουν15ο Ιουν16ο Ιουν17ο Ιουν18ο Ιουν19ο Ιουν20ο Ιουν21ο Ιουν22ο Ιουν23ο Ιουν24ο Ιουν25ο Ιουν26ο Ιουν27ο Ιουν28ο Ιουν29ο Ιουν30ο Ιουν31ο Ιουν3ο Αυγ3ο Αυγ4ο Αυγ5ο Αυγ6ο Αυγ7ο Αυγ8ο Αυγ9ο Αυγ10ο Αυγ11ο Αυγ12ο Αυγ13ο Αυγ14ο Αυγ15ο Αυγ16ο Αυγ17ο Αυγ18ο Αυγ19ο Αυγ20ο Αυγ21ο Αυγ22ο Αυγ23ο Αυγ24ο Αυγ25ο Αυγ26ο Αυγ27ο Αυγ28ο Αυγ29ο Αυγ30ο Σεπ3ο

Δεκαήμερα 1994

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκαν οι σχέσεις της διαχρονικής μεταβολής του δείκτη βλάστησης (NDVI) και διαφόρων μετεωρολογικών δεικτών και παραμέτρων για διάφορα είδη καλλιεργειών της Θεσσαλίας για τη βλαστική περίοδο 1994. Διερευνήθηκαν ακόμη οι πιθανές συσχετίσεις των παραπάνω δεικτών και παραμέτρων με τον χρονικό εντοπισμό και εξέλιξη των επιμέρους φαινολογικών σταδίων των φυτών των περιοχών. Η επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων αποτέλεσε αντικείμενο σχολιασμού και επισημάνσεων, καθώς και εξαγωγής χρήσιμων συμπερασμάτων, τα οποία παρουσιάζονται συνοπτικά στη συνέχεια.

5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα, που εξάγονται συνοψίζονται ως εξής:

1. Ο δείκτης βλάστησης (NDVI) αποτελεί ικανοποιητικό μέτρο παρακολούθησης της φυτικής παραγωγής, ιδίως σε ορισμένα φαινολογικά στάδια των καλλιεργειών. Η μεταβολή του δείκτη NDVI είναι η αναμενόμενη στις εξεταζόμενες καλλιέργειες.
2. Οι επιλεγέντες μετεωρολογικοί δείκτες και παράμετροι αποδίδουν ικανοποιητικά τον παράγοντα καιρό σε σχέση με τις εξεταζόμενες γεωργικές καλλιέργειες.
3. Υπάρχουν πολύ καλές συσχετισμοί του δείκτη βλάστησης με τους μετεωρολογικούς δείκτες, που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση.
4. Η επίδραση της θερμικής μονάδας στην ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου του βαμβακιού και η συσχετισμός της με το δείκτη NDVI παρουσιάζεται πολύ σημαντική και οι πολύ υψηλές τιμές της κατά την περίοδο της ανθοφορίας, καρποφορίας και ωρίμανσης των καρυδιών δημιουργούν συνθήκες καταπόνησης των βαμβακοφύτων. Οι καλλιέργειες βαμβακιού είναι συστηματικά αρδευόμενες και γι' αυτό η βροχόπτωση δεν εμφανίζεται περιοριστικός παράγοντας, εφόσον ικανοποιούνται κάποιες τιμές κατωφλίου κατά το φύτεμα και το αναπαραγωγικό στάδιο. Η ανάλυση ακόμη δείχνει ότι τα αποθέματα

εδαφικής υγρασίας αυξάνουν την τιμή του δείκτη NDVI και, όπου παρουσιάζονται υπερβολικά υψηλά, σε σημείο κατάκλυσης του εδάφους με νερό, έχουν ως συνέπεια την κατακόρυφη αύξηση της τιμής του δείκτη.

5. Η επικράτηση δυσμενών καιρικών συνθηκών, δηλαδή μείωση των ημερόβαθμων και έντονες βροχοπτώσεις κατά την εκβλάστηση της αμπέλου, επηρεάζει δυσμενώς την εξέλιξη των φυτών προκαλώντας αδικαιολόγητες διακυμάνσεις στη φωτοσυνθετική δραστηριότητα, οι οποίες έχουν άμεση επίπτωση στις τιμές του δείκτη NDVI. Η βροχόπτωση δεν παρουσιάζεται, σε γενικές γραμμές, περιοριστικός παράγοντας για την ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου της αμπέλου, λόγω της συστηματικής άρδευσής της. Τέλος, οι χαμηλές τιμές στο κοροπλήρωμα επιδρούν ευνοϊκά στο στάδιο της ωρίμανσης των σταφυλιών, διότι επιβραδύνουν τη βλαστική ανάπτυξη, λόγω μείωσης της φωτοσύνθεσης και επιταγχύνουν την αναπαραγωγική, όπως φαίνεται και από την αντίστοιχη ελάττωση των τιμών του δείκτη NDVI.
6. Οι καλλιέργειες των μήλων επηρεάζονται σε σημαντικό βαθμό από τη θερμική μονάδα, διότι απαιτούν έναν ελάχιστο αριθμό θερμομονάδων για την ολοκλήρωση της καρπικής περιόδου. Η ανάλυση δείχνει, ότι η έναρξη βλάστησης των δένδρων στις αρχές της άνοιξης επηρεάζεται θετικά από τα υδατικά αποθέματα προηγούμενων δεκαημέρων και η καλλιέργεια αποδίδει ικανοποιητικά σε περιοχές, που συμπληρώνεται ένα συγκεκριμένο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης. Οι αυξημένοι ημερόβαθμοι στο στάδιο της άνθισης είναι ευνοϊκοί και προκαλούν αντίστοιχη αύξηση στις τιμές του δείκτη NDVI.
7. Η χαμηλή ευκρίνεια του δορυφόρου NOAA / AVHRR δυσχεραίνει την παρακολούθηση και ταυτοποίηση των επιμέρους καλλιεργειών σε περιοχές με σύνθετη βλάστηση και την εξαγωγή σαφών συμπερασμάτων και την εξεύρεση συσχετίσεων με τους μετεωρολογικούς δείκτες. Παρόλα αυτά, δείκτες, όπως η θερμική μονάδα, συσχετίζονται σε κάποιο βαθμό με την αύξηση και τη μορφή της καμπύλης της διαχρονικής εξέλιξης του δείκτη βλάστησης, ανεξάρτητα από τον τύπο της αροτριάιας καλλιέργειας. Επιπρόσθετα, ο δείκτης NDVI κρίνεται ικανοποιητικός, όσο αφορά στην παρακολούθηση της δασικής βλάστησης, ακόμη και όταν εμπλέκονται και άλλοι τύποι βλάστησης.

5.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Τα παραπάνω συμπεράσματα οδηγούν στις εξής προτάσεις:

1. Να εφαρμοστεί η μέθοδος της παραγοντικής ανάλυσης για να εξαχθούν ποσοτικές σχέσεις μεταξύ του δείκτη NDVI και των μετεωρολογικών δεικτών και να εντοπισθούν τα φαινολογικά στάδια, στα οποία εμφανίζονται ικανοποιητικές συσχετίσεις.
2. Να αναπτυχθούν ποσοτικές συναρτησιακές σχέσεις του δείκτη NDVI με τους μετεωρολογικούς δείκτες κατά καλλιέργεια, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παραγοντικής ανάλυσης.
3. Να εξετασθούν σχέσεις των μετεωρολογικών δεικτών και του NDVI με στρεμματικές αποδόσεις των καλλιεργειών.
4. Να χρησιμοποιηθούν άλλοι δορυφόροι (LANDSAT κλπ) σε συνδυασμό με τον NOAA και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π. ή G.I.S.) για μεγαλύτερη ευκρίνεια εκεί που χρειάζεται και κυρίως στις ορεινές και σύνθετες από άποψη βλάστησης περιοχές και για τα αντίστοιχα φαινολογικά στάδια.
5. Να αξιοποιηθεί η μεθοδολογία σε περιοχική έκταση, δηλαδή να επιλέγονται οι ακριβείς μοναδιαίες επιφάνειες (pixels), που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες καλλιέργειες κατά περιοχή.
6. Να εξετασθεί η ενδεχόμενη βελτίωση των συσχετίσεων μεταξύ των δεικτών με αύξηση του δικτύου επίγειων μετεωρολογικών παρατηρήσεων.
7. Να χρησιμοποιηθούν χρονολογικά στοιχεία του δείκτη NDVI και των άλλων μετεωρολογικών δεικτών και παραμέτρων για εκτίμηση γεωργικής παραγωγής σε κανονικές και ακραίες, από άποψη καιρικών φαινομένων, καλλιεργητικές περιόδους.
8. Να εξετασθεί η δυνατότητα χρησιμοποίησης και άλλων μετεωρολογικών δεικτών, καθώς και ο ρόλος της ηλιακής ακτινοβολίας στις συσχετίσεις μεταξύ των δεικτών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Achard, F., Blasco, F., 1990: Analysis of vegetation seasonal evolution and mapping of forest cover in West Africa with the use of NOAA AVHRR HRPT data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, No. 10, 1359-1365.
2. Andres, L., Salas, W.A., Skole, D., 1994: Fourier analysis of multi-temporal AVHRR data applied to a land cover classification. Int. J. of Remote Sensing, Letter, Vol. 15, No 5, 1115-1121.
3. Βασιλακάκης, Μ.Δ., 1991: Στοιχεία Γενικής και Ειδικής Δενδροκομίας, ΑΠΘ, 245-255.
4. Benedetti, R., Rossini, P., Taddei, R., 1994: Vegetation classification in the Middle Mediterranean area by Satellite data. Int. J. of Remote Sensing, Vol. 15, No 3, 583-596.50.
5. Βλάχος, Μ.Β., 1986: Αμπελογραφία, ΑΠΘ, 159-509.
6. Βλάχος, Μ.Β., 1994: Στοιχεία Γενικής Αμπελοργίας, ΑΠΘ, 59-63.
7. Γαλανοπούλου-Σενδουκά, Σ., 1994: Πανεπιστημιακές σημειώσεις στο μάθημα "Ειδική Γεωργία ΙΙ", ΠΘ, 16-40.
8. Chilar, J., Ahern D' Iorio, M.A., Guindon, B., Teillet, P. M., Fisher, T., 1990: Mapping land cover of Canada from AVHRR data. Proc. of Int. Geoscience and Remote Sensing Symposium (Piscataway, New Jersey: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.), 1237-1242.
9. Δαλέζιος, Ν.Ρ., Τσινταράκης, Λ.Μ., Ζάρπας, Κ.Δ., 1995: Διαχρονική εξέλιξη της καταϊγδοφόρου δραστηριότητας 17-23 Οκτωβρίου 1994 με χρήση ψηφιακών δορυφορικών δεδομένων (υπό έκδοση).
10. Δαλέζιος, Ν.Ρ., Τσινταράκης, Λ.Μ., Ζάρπας, Κ.Δ., 1995: Ποσοτικά Χαρακτηριστικά της Πλημμύρας Οκτωβρίου 1994 στη Θεσσαλία (υπό έκδοση).
11. Davenport, M.L., Nicholson, S.E., 1993: On the relation between rainfall and the Normalized Difference Vegetation Index for diverse vegetation types in East Africa. Int. J. of Remote Sensing, Vol. 14, No 12, 2369-2389.
12. Eggen-McIntosh, S.E., Munoz, E.B., Ornelas de Anda, J.L., Zhu, Z., Evans, D.L., 1992: Forest cover mapping of Mexico using Advanced Very High resolution Radiometry Imagery. Proc. of American Society for Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, American Congree of Syrvaying And Mapping, Washington.
13. Ehrlich, D., Estes, J.E., Singh, A., 1994: Applications of NOAA/AVHRR 1 Km data for environmental monitoring, Review Article, Int. J. of Remote Sensing, Vol. 15, No 1, 145-161.
14. Eidenshink, J. C., Haas, R. H., 1992, Analysing vegetation dynamics of land systems with satellite data. Geocarto International, No 7, 55-61.

15. Fernandez, S., Vidal, D., Simon, E., Sole-Sugranes, L., 1994: Radiometric characteristics of *Triticum aestivum* cv. (Astral) under water and nitrogen stress. *Int. J. of Remote Sensing*, Vol. 15, No 9, 1867-1884.
16. Fischer, A., 1994: A simple model for the temporal variations of NDVI at regional scale over agricultural countries. Validation with ground radiometric measurements. *Int. J. of Remote Sensing*, Vol. 15, No 7, 1421-1446.
17. Fleischman, C.G., Walsh, S.J., 1991: Multi-temporal AVHRR digital data: an approach for land cover mapping of heterogeneous landscapes. *Geocarto International*, No 4, 5-20.
18. Franca, G.B., Cracknell, A.P., 1994: Retrieval of land and sea surface temperature using NOAA -11 AVHRR data in north-eastern Brazil. *Int. J. of Remote Sensing*, Vol. 15, No 8, 1695-1712.
19. Gallo, K.P., McNab, A.L., Karl, T.R., Brown, J.F., Hood, J.J., Tarpley, J.D., 1993: The use of a vegetation index for assessment of the urban heat island effect. *Int. J. of Remote Sensing*, Vol. 14, No 11, 2223-2230.
20. Gloyne, R.W., Lomas, J., 1980: Lecture Notes for training Class II and Class III Agricultural Meteorological personnel. WMO-No 551, 260pp.
21. Groten, S.M.E., 1993: NDVI - crop monitoring and early yield assessment of Burkina Faso. *Int. J. of Remote Sensing*, Vol. 14, No 8, 1495-1515.
22. Hatfield, J.L., Thomson, I.J., 1982: *Biometeorology in Integrated Pest Management*, 491pp.
23. Hough, M.N., 1990: *Agrometeorological Aspects of Crops in the U.K. and Ireland. A review for Sugar Beet, Oilseed, Rape Peas, Wheat, Barley, Oats, Potatoes, Apples and Pears*. J.R.C., 303pp.
24. Iverson, L.R., Cook, E. A., Graham, R.L., 1989: A technique for extrapolating and validating forest cover across large regions. Calibrating AVHRR data with TM data. *Int. J. of Remote Sensing*, Vol 10, 1805-1812.
25. Kustas, W.P., Schmugge, T.J., Humes, K.S., Jackson, T.J., Parry, R., Wertz, M.A., Moran, M.S., 1993: Relationships between Evaporative Fraction and Remotely Sensed Vegetation Index and Microwave Brightness Temperature for Semiarid Rangelands. *Jour. of Applied Meteorology*, Vol. 32, No 12, 1781-1790.
26. Lambin, E.F., Strahler, A.H., 1994: Indicators of Land-cover change for change-vector analysis in multitemporal space at coarse spatial scales. *Int. J. of Remote Sensing*, Vol. 15, No 10, 2099-2119.
27. Lloyd, D., 1989: A phenological description of Iberian vegetation using short wave vegetation index imagery. *Int. J. of remote Sensing*, Vol. 10, 827-833.

28. Lopez, S., Gonzales, F., Llop, R., Cuevas, J.M., 1991: An evaluation of the utility of NOAA AVHRR images for monitoring forest fire risk in Spain. *Int. J. of Remote Sensing*, Vol 12, 1841-1851.
29. Loudjani, P., 1995: Remote Sensing and Crop Yield Estimation: an overview. COST 77 Document, Report, J.R.C., 7-10.
30. Loveland, R.T., Merchant, J.W., Ohlen, D.O., Brown, J.F., 1991: Development of a land-cover characteristics database for the conterminous U.S. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol 57, 1453-1463.
31. Malingreau, J.P., 1991: Remote sensing for tropical forest monitoring: an overview. In *Remote sensing and geographical information systems for resource management in developing countries*, edited by A. S. Belward and C. R. Valenzuela (Brussels and Luxerburg: ECSC, EEC, EAEC), 253-278.
32. Matson, M., Stephens, G., Robinson, J., 1987: Fire detection using data from NOAA-N satellites. *Int. J. of Remote Sensing*, Vol. 8, 961-970.
33. McGwire, K.C., Fairbanks D.H.K., Estes, J.E., 1992: Examining regional vegetation associations using multi-temporal AVHRR imagery. *Proc. of American Society for Photogrammetric Engineering and remote Sensing, American Congress of Surveying and Mapping, Washington, March 1992*, (Bethesda, Maryland: American Societ for Photogrammetry and Remote Sensing), 304-313.
34. Miller, W.A., Howard, S.M., Moore, D.G., 1986: Use of AVHRR data in an information system for fire management in the western United States. *Proc. of the Twentieth International Symposium on Remote Sensing of Environment, Nairobi Kenya, 4-10 Dec. 1986* (Ann Arbor, Michigan: Environmental Research Institute, Michigan), 67-79.
35. Munden, R., Gurrán, P.J., Catt, J.A., 1994: The relationship between red edge and chlorophyl concentration in the Broadbalk winter wheat experiment at Rothamsted, *Int. J. of Remote Sensing, Letter*, Vol. 15, No 3, 705-709.
36. Paltridge, G.W., Barber, J., 1988: Monitoring grassland dryness and fire potential in Australia with NOAA/AVHRR data. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 2, 381-394.
37. Plummer, S.E., 1994: The potential for regional estimation of absorbed photosynthetically active radiation using new moderate spatial resolution sensors. *Int. J. of Remote Sensing*, Vol. 15, No 6, 1343-1349.
38. Ray, S.S., Pokharna, S.S., AJAI, 1994: Cotton Production Estimation using IRS-1B and Meteorological data. *Int. J. of Remote Sensing, Letter*, Vol. 15, No 5, 1085-1090.
39. Reuter, H., Olesen, F.S., Fischer, H., 1994: Distribution of the brightnes temperature of Land surfaces determined from AVHRR data. *Int. J. of Remote Sensing*, Vol. 15, No 1, 95-104.

40. Rizzi, R., Serio, C., Kelly, G., Tramutoli, V., McNally, A., Guommo, V., 1994: Cloud Clearing of Infrared Sounder Radiances. *Jour. of Applied Meteorology*, Vol. 33, No 2, 179-194.
41. Roberts, G., France, M., Johnson, R.C., Law, J.T., 1993: The analysis of remotely sensed images of the Balquhiddy catchments for estimation of percentages of land cover types. *Jour. of Hydrology*, No 145, 259-265.
42. Rosenberg, N.J., Blad, B.L., Verma, S.B., 1983: *Microclimate: The Biological Environment*, 495pp.
43. Seeman, J., Chirkov, Y.I., Lomas, J., Primault, B., 1979: *Agrometeorology*, 324pp.
44. Sharman, M., 1993: *Monitoring Vegetation Condition Using AVHRR. COST 77 - Working paper : Estimating Agricultural Yield using Remote Sensing Data*, 45.
45. Smith, R.C.G., Choudhury, B.J., 1990: On the correlation of indices of vegetation and surface temperature over south-eastern Australia. *Int. J. of Remote Sensing*, Vol. 11, 2113-2120.
46. Spanner, M.A., Pierce, L.L., Running, S.W., Peterson, D.L., 1990: The seasonality of AVHRR data of temperate coniferous forests: relationships with Leaf Area Index. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 33, 97-112.
47. Sridhar, V.N., Dadhwal, V.K., Chaudhari, K.N., Sharma, R., Bairagi, G.D., Sharma, A.K., 1994: Wheat production forecasting for a predominantly unirrigated region in Madhya Pradesh (India). *Int. J. of Remote Sensing*, Vol. 15, No 6, 1307-1316.
48. Stone, T.A., Schlesinger, P., 1992: Using 1 km resolution satellite data to classify the vegetation of South America. *Proc. of IUFROC Conference Wacahrakitti International Workshop*, 13-17 Jan. 1992, Pattaya, Thailand (Bangkok, Thailand: Kasetsart University), 85-93.
49. Tappan, G.C., Moore, D.G., Knausenberger, W.I., 1991: Monitoring grasshopper and locust habitats in Sahelian Africa using GIS and remote sensing technology. *Int. J. of Geographical Information Systems*, Vol. 5, 123-135.
50. Tucker, C.J., Vanpraet, C., Boerwinkel, E., Gatson, A., 1983: Satellite remote sensing of total dry matter production in the Senegalese Sahel. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 13, 461-474.
51. Walker, R.E., Stoms, D.M., Estes, J.E., Cayocca, K.D., 1992: Relationships between biological diversity and multi-temporal vegetation index in California. *Proc. of American Society for Photogrammetric Engineering and remote Sensing, American Congress of Surveying and Mapping, Washington, March 1992 (Falls Church, VA: American Society of Photogrammetry and Remote Sensing)*, 562-571.
52. Wang, J.Y., 1973: *Methods of Agrometeorology*, 245-255
53. Wu, A., Zhong, Q., 1994: A Method for Determining the Sensor Degradation Rates of NOAA/AVHRR channels 1 and 2. *Jour. of Applied Meteorology*, Vol. 33,

No 1, 118-122.

54. Xinmei, H., Lyons, T.J., Smith, R.C.G., Hacker, J.M., Schwerdtfeger, P., 1993: Estimation of Surface Energy Balance from Radiant Surface Temperature and NOAA/AVHRR Sensor Reflectances over Agricultural and Native Vegetation, Jour. of Applied Meteorology, Vol. 32, No 8, 1441-1449.

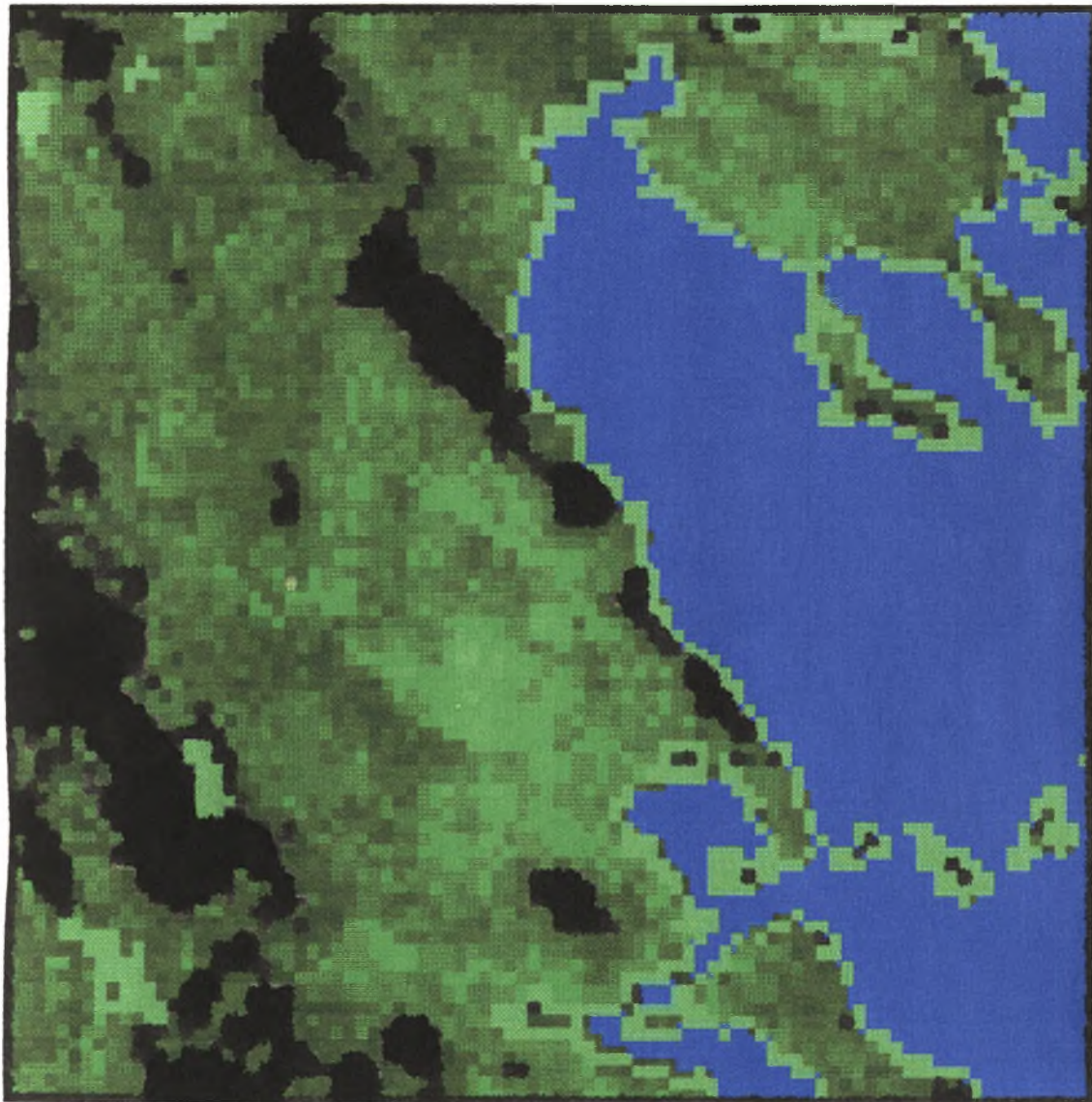
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

- Π1. Λίστα Εικόνων Δείκτη Βλάστησης (NDVI)
- Π2. Μεθοδολογία Επεξεργασίας Πρωτογενών Εικόνων NOAA /AVHRR
- Π3. Λίστα Πρωτογενών Εικόνων NOAA / AVHRR και
Τεχνικά Χαρακτηριστικά Περιβαλλοντικών Δορυφόρων
- Π4. Διαγράμματα Συμμεταβολής Βαμβακιού
- Π5. Διαγράμματα Συμμεταβολής Αμπέλου
- Π6. Διαγράμματα Συμμεταβολής Μήλων
- Π7. Διαγράμματα Συμμεταβολής Σύνθετης Βλάστησης

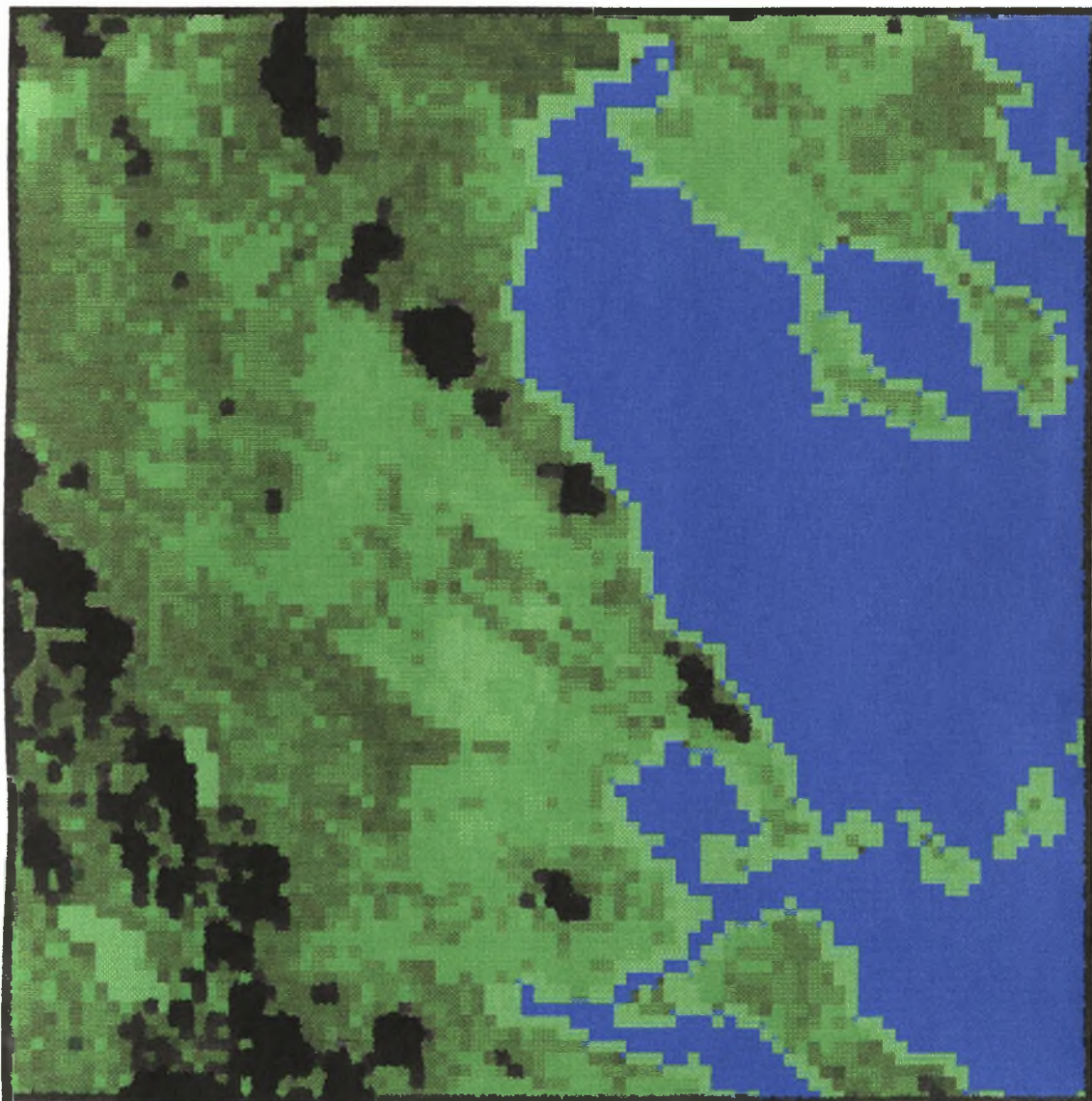
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π1
Λίστα Εικόνων Δείκτη
Βλάστησης (NDVI)



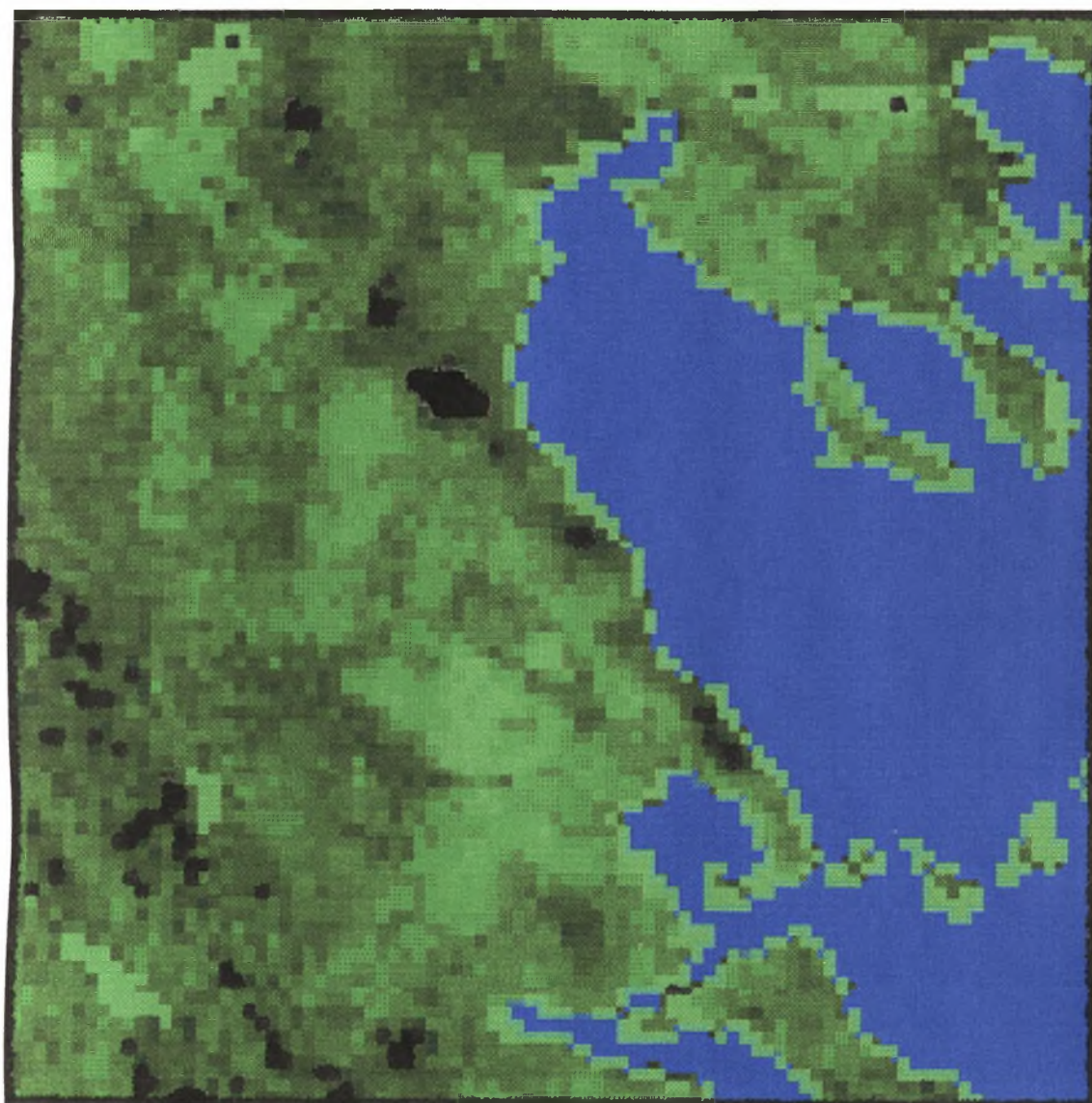
Εικόνα Π1.1: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 1ο δεκαήμερο Μαρτίου 1994



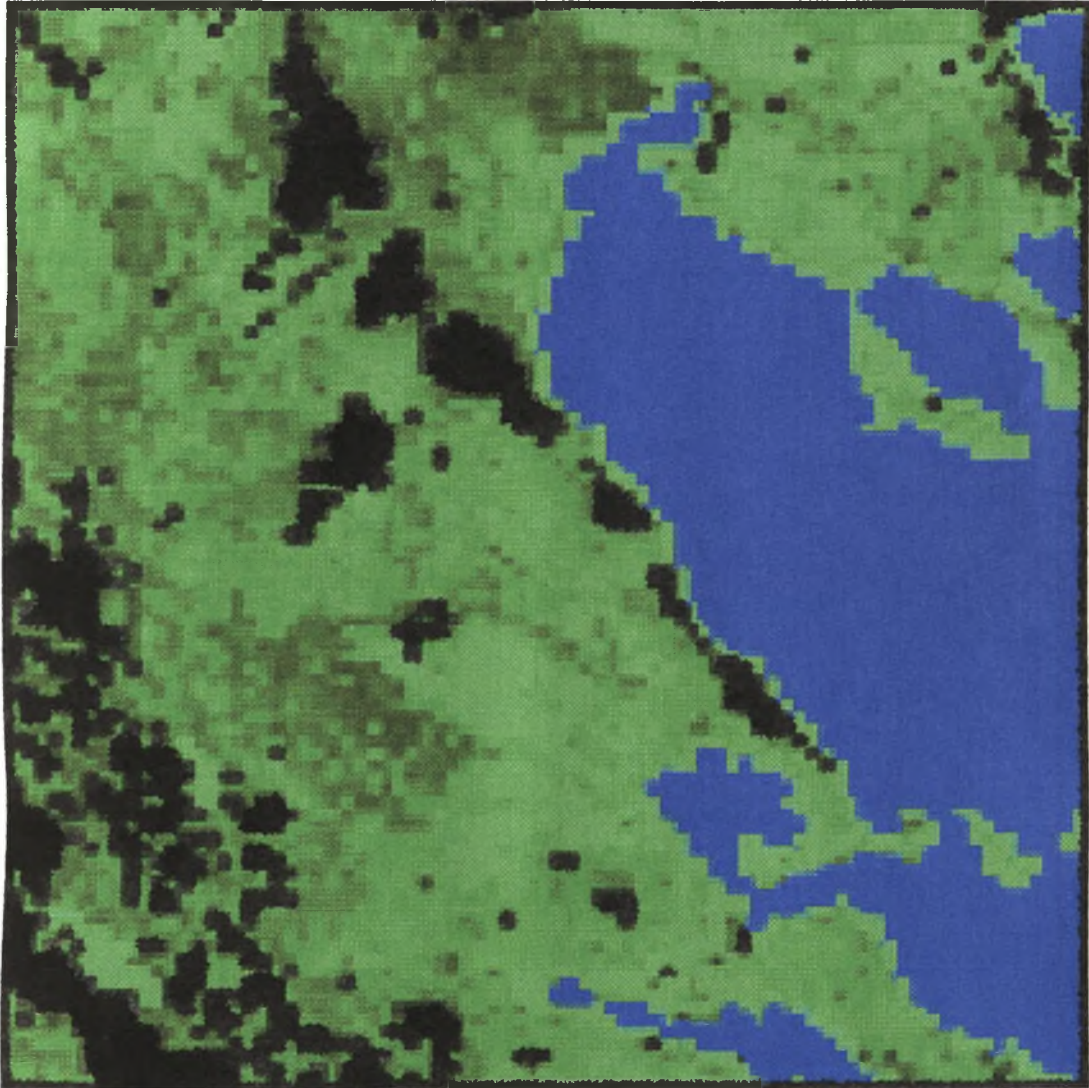
Εικόνα Π1.2: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 2ο δεκαήμερο Μαρτίου 1994



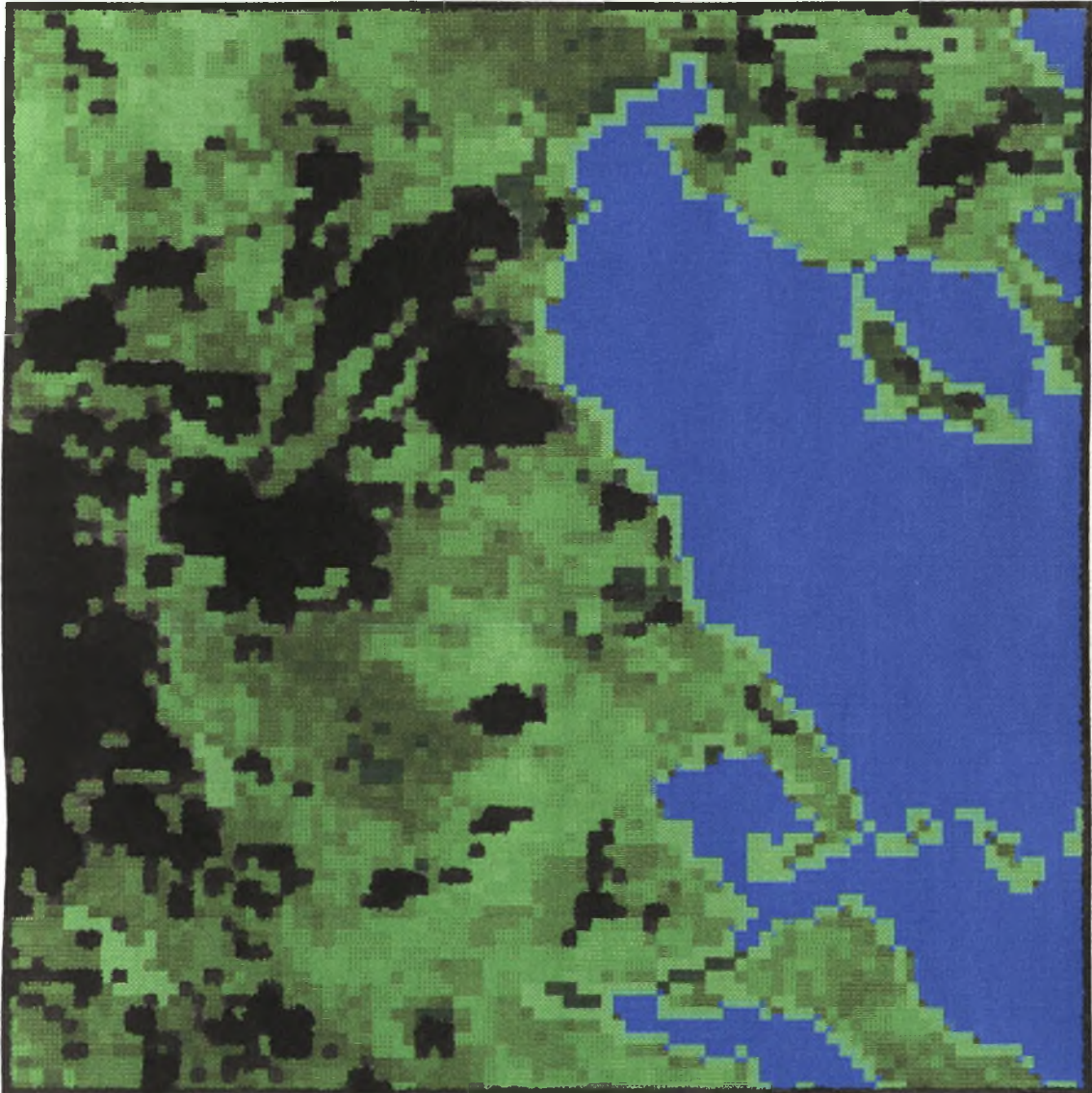
Εικόνα Π1.3: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 3ο δεκαήμερο Μαρτίου 1994



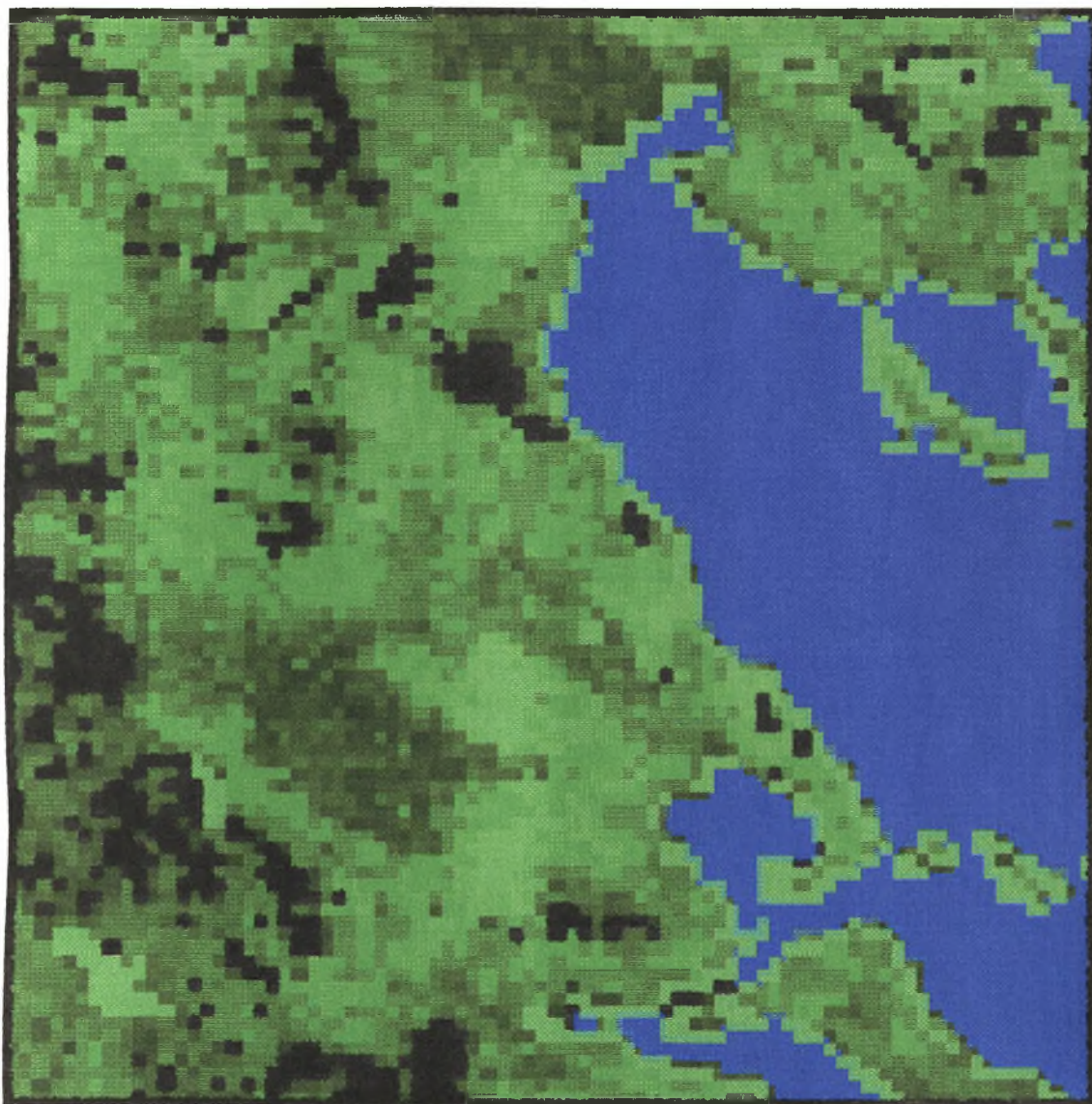
Εικόνα Π1.4: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 1ο δεκαήμερο Απριλίου 1994



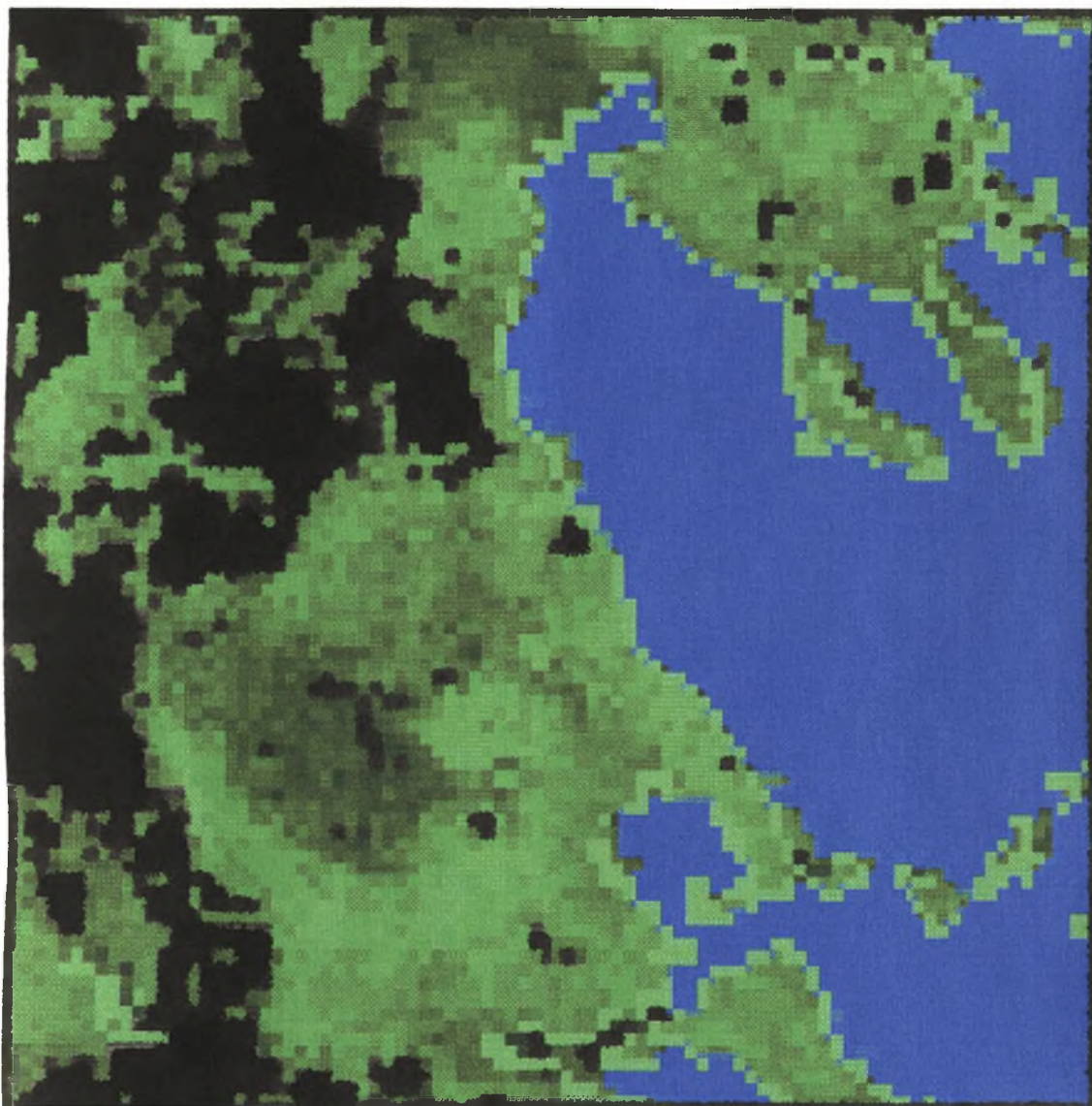
Εικόνα Π1.5: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 2ο δεκαήμερο Απριλίου 1994



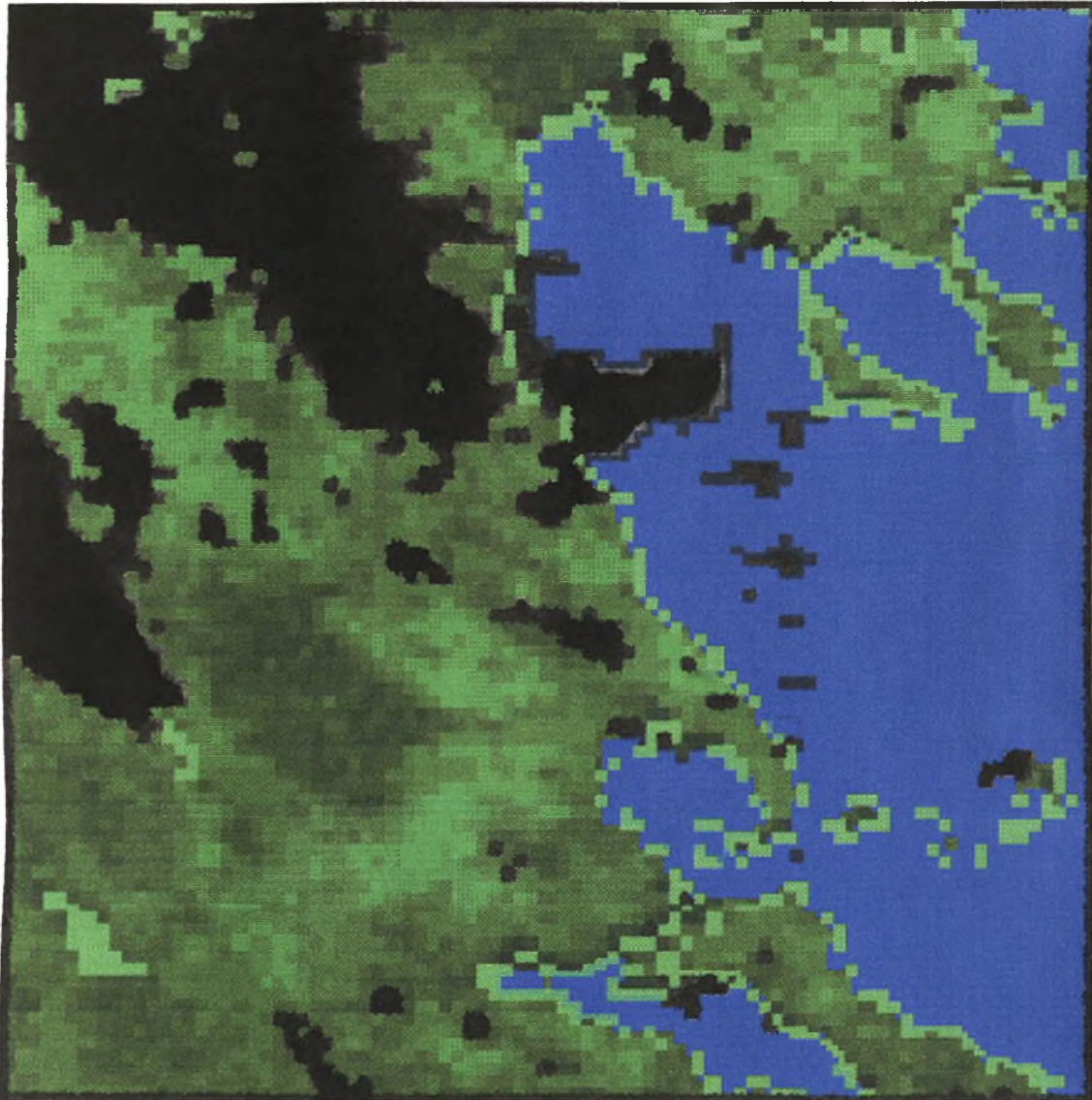
Εικόνα Π1.6: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 3ο δεκαήμερο Απριλίου 1994



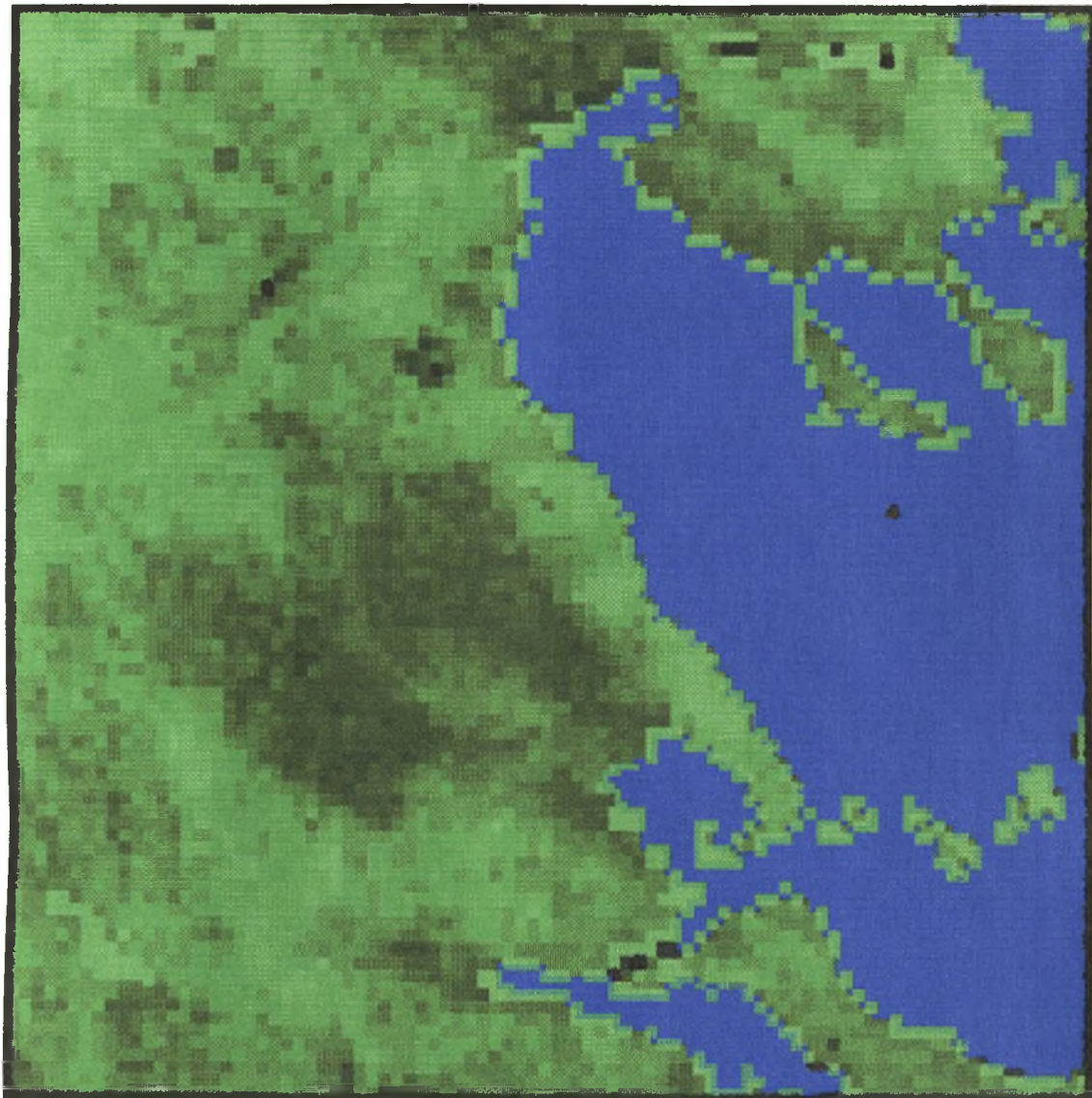
Εικόνα Π1.7: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 1ο δεκαήμερο Μαΐου 1994



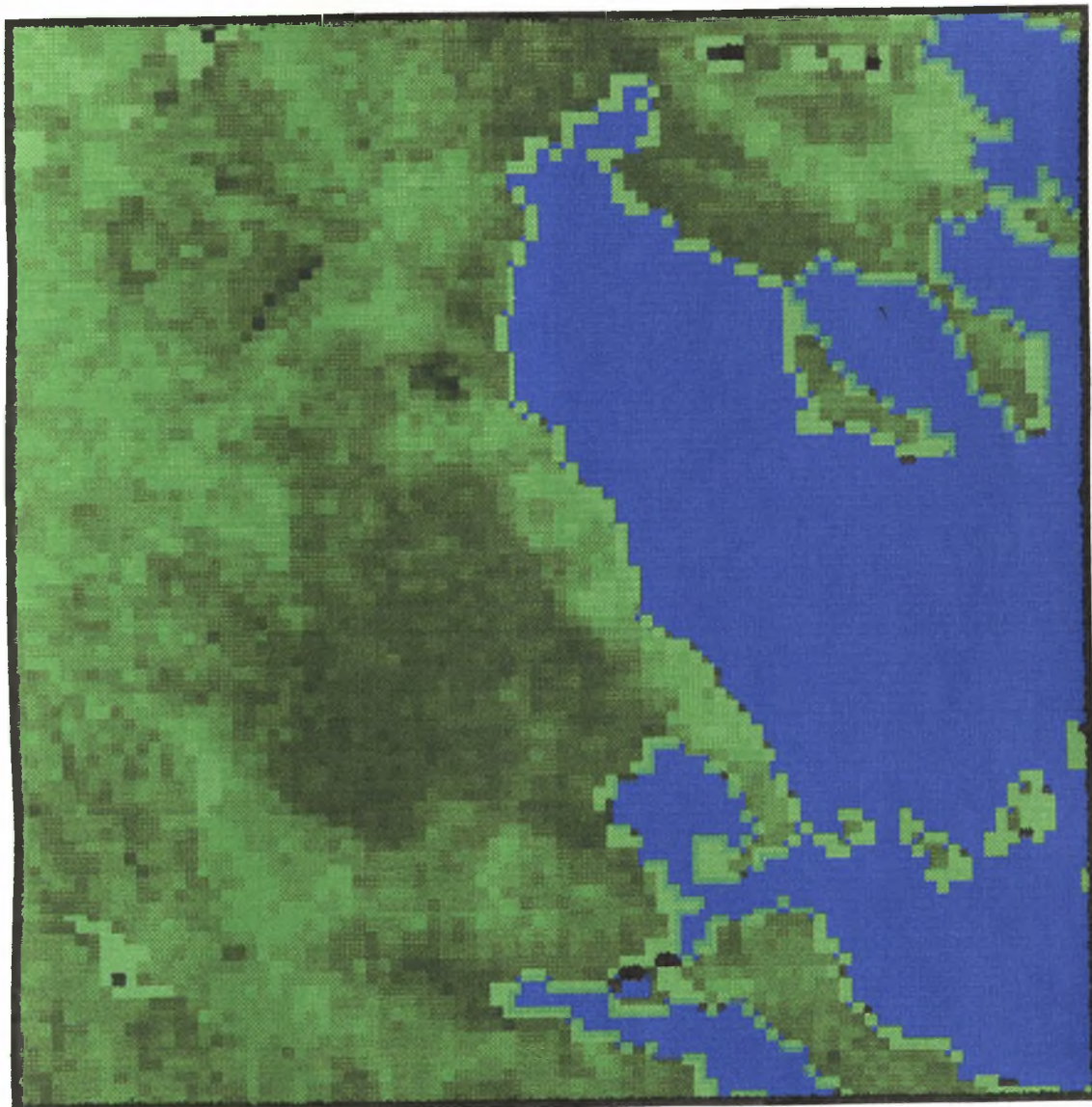
Εικόνα Π1.8: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 2ο δεκαήμερο Μαΐου 1994



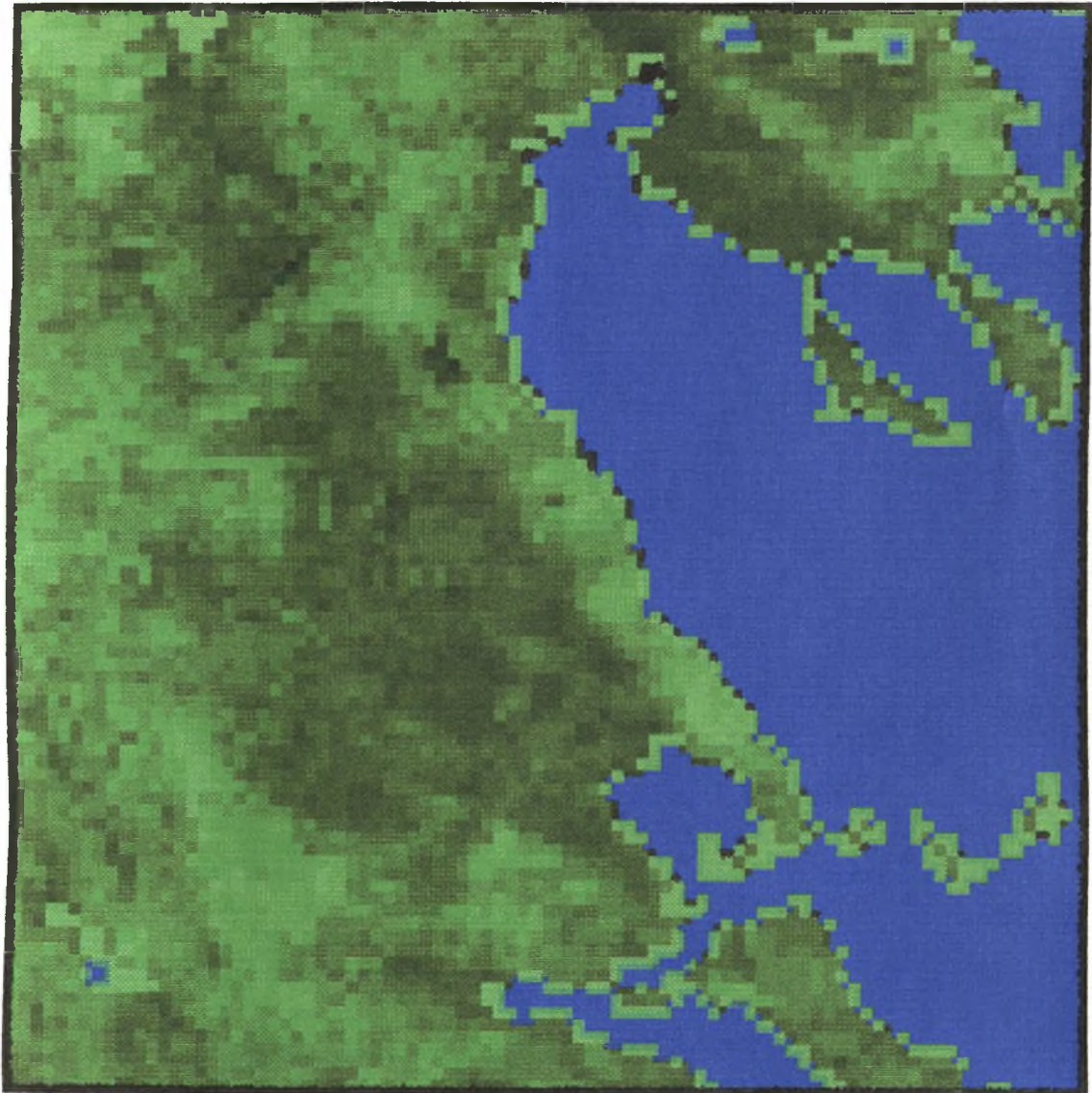
Εικόνα Π1.9: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 3ο δεκαήμερο Μαΐου 1994



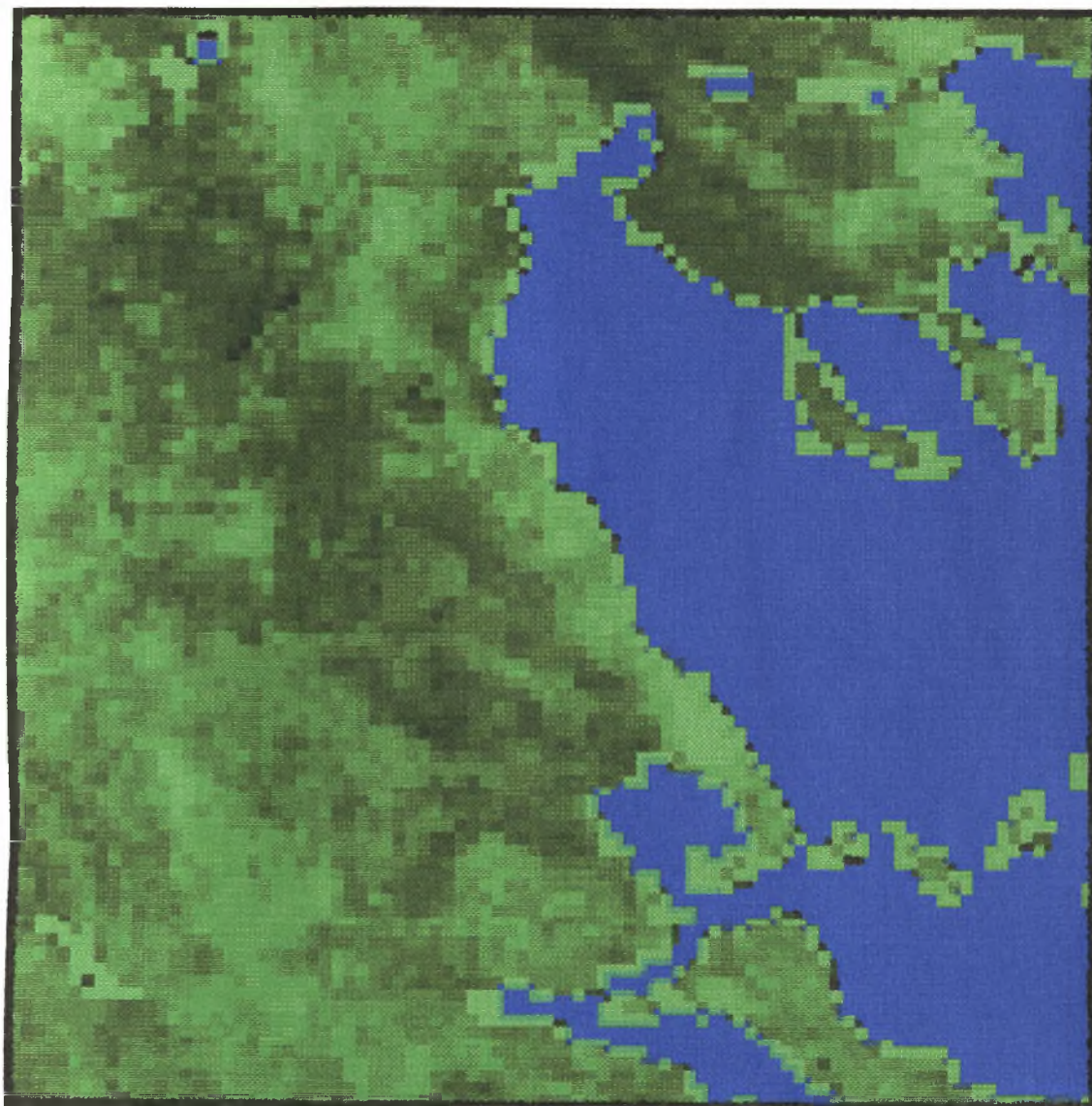
Εικόνα Π1.10: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 1ο δεκαήμερο Ιουνίου 1994



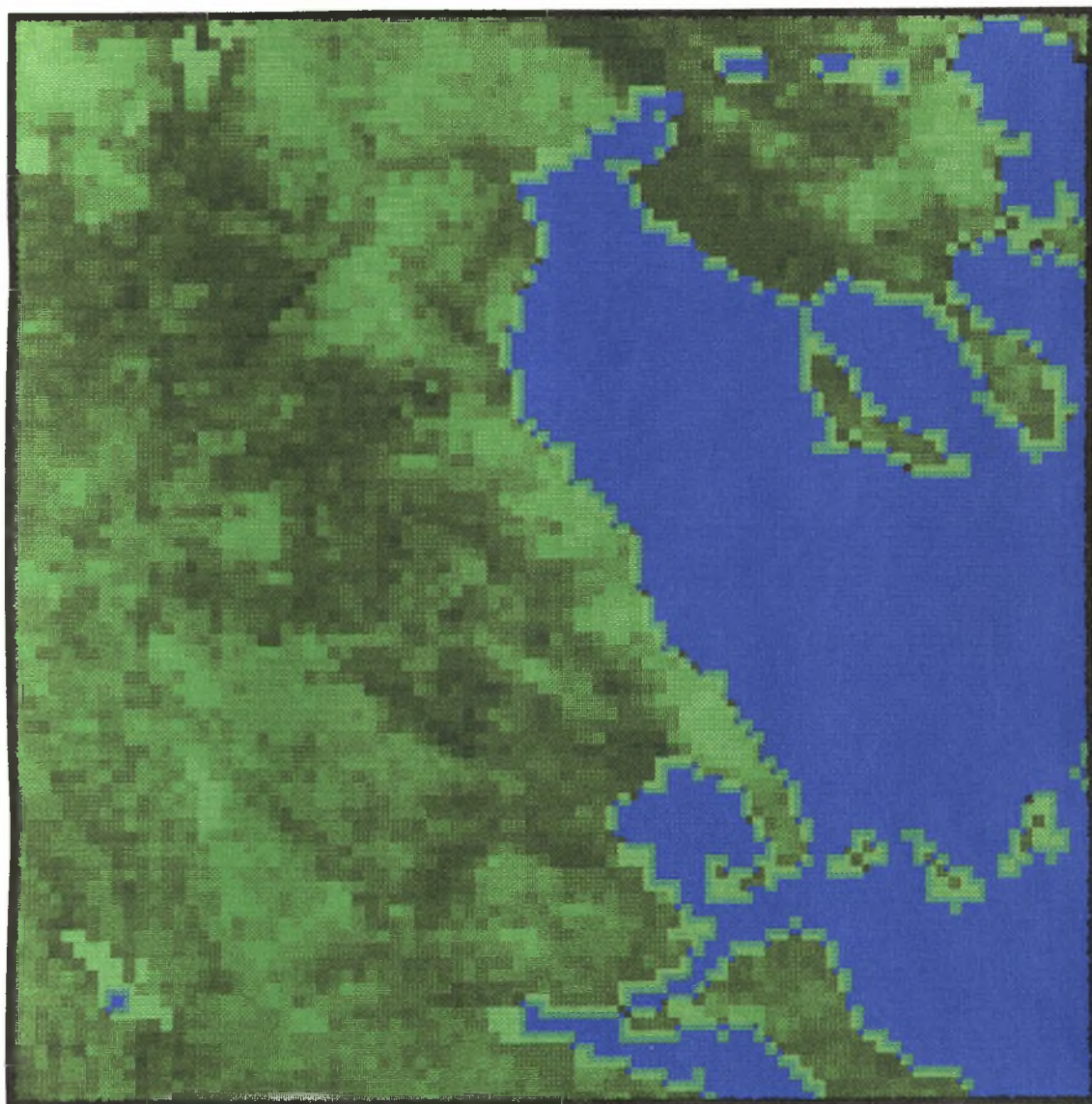
Εικόνα Π1.11: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 2ο δεκαήμερο Ιουνίου 1994



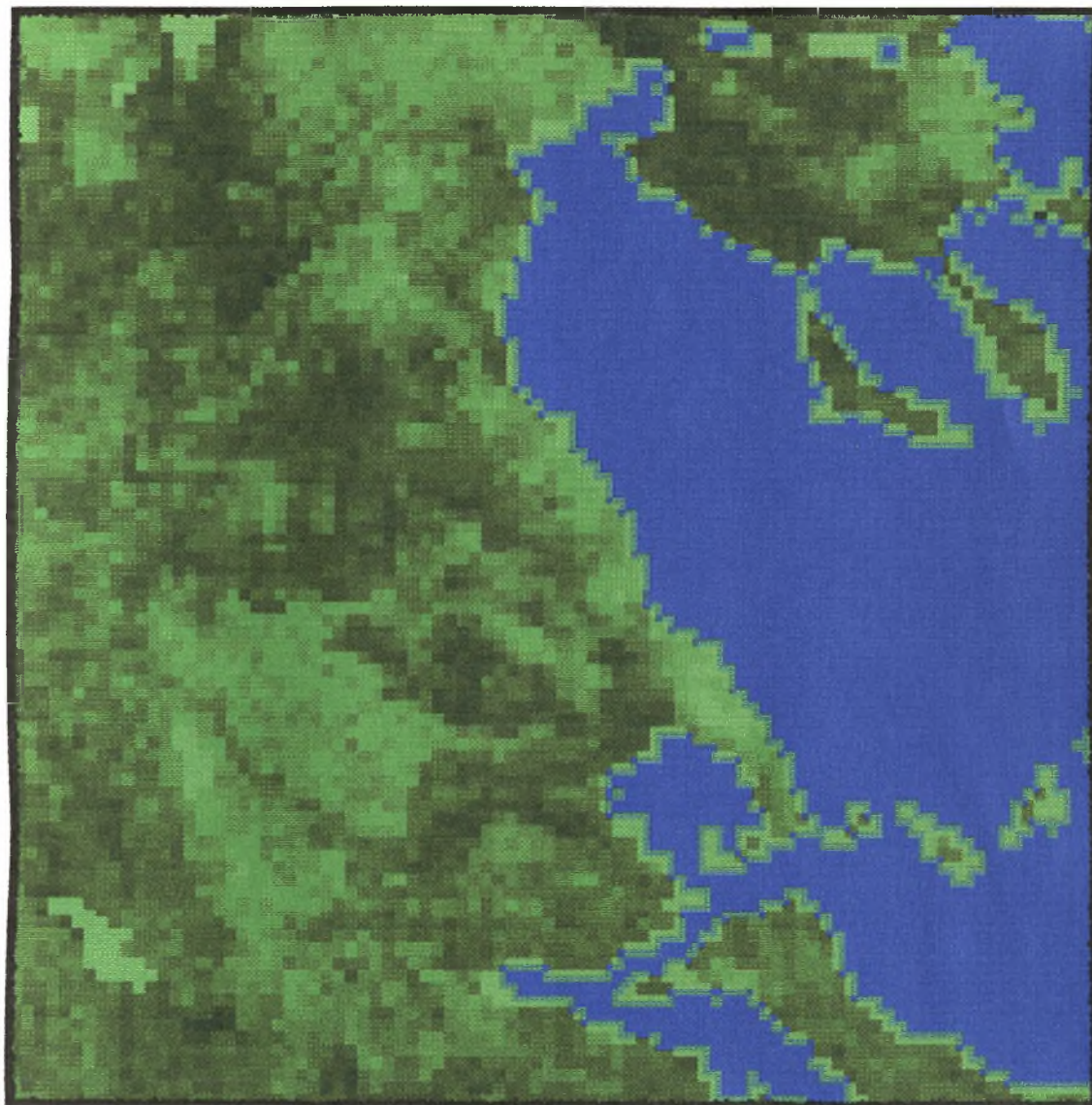
Εικόνα Π1.12: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 3ο δεκαήμερο Ιουνίου 1994



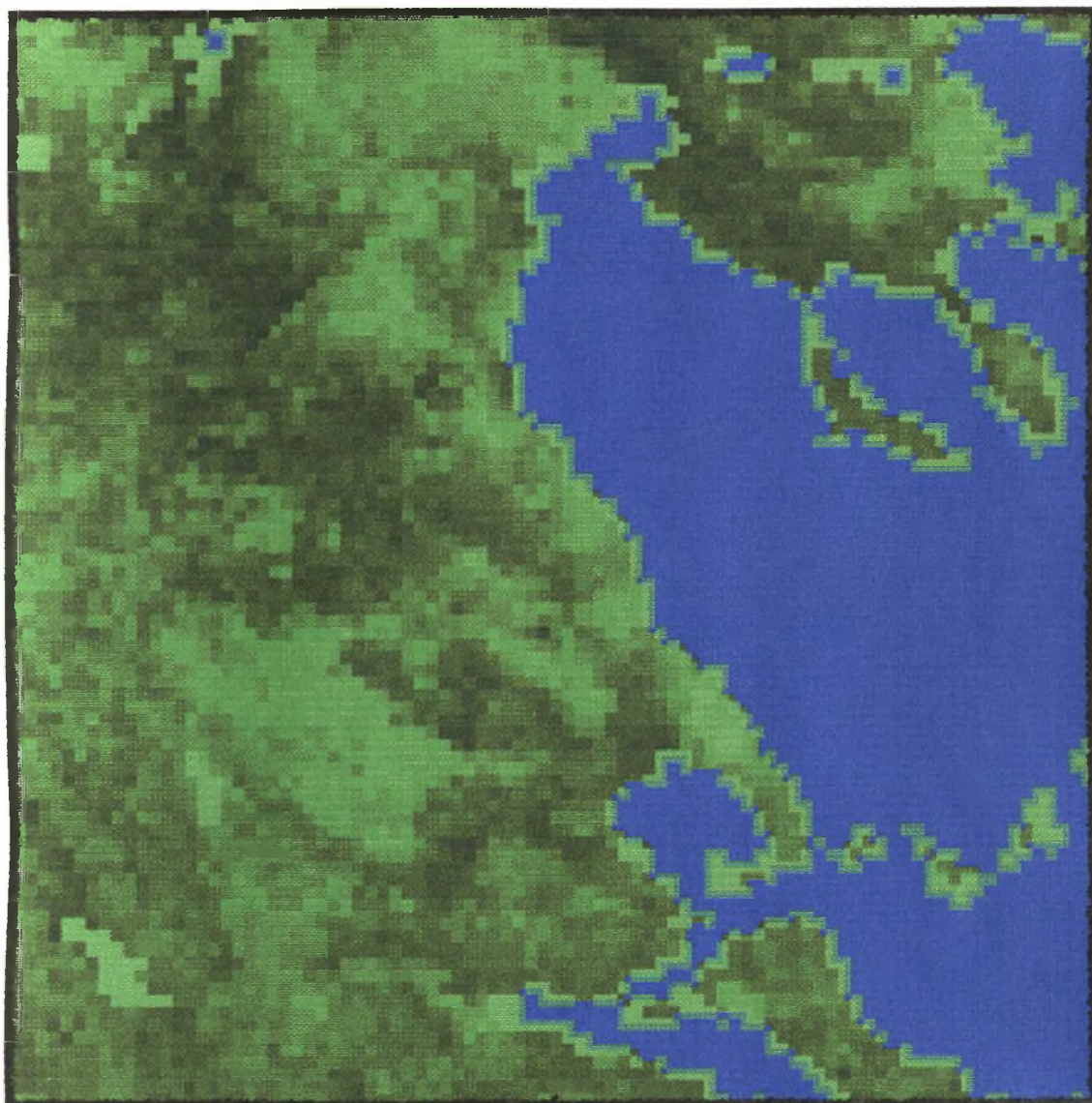
Εικόνα Π1.13: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 1ο δεκαήμερο Ιουλίου 1994



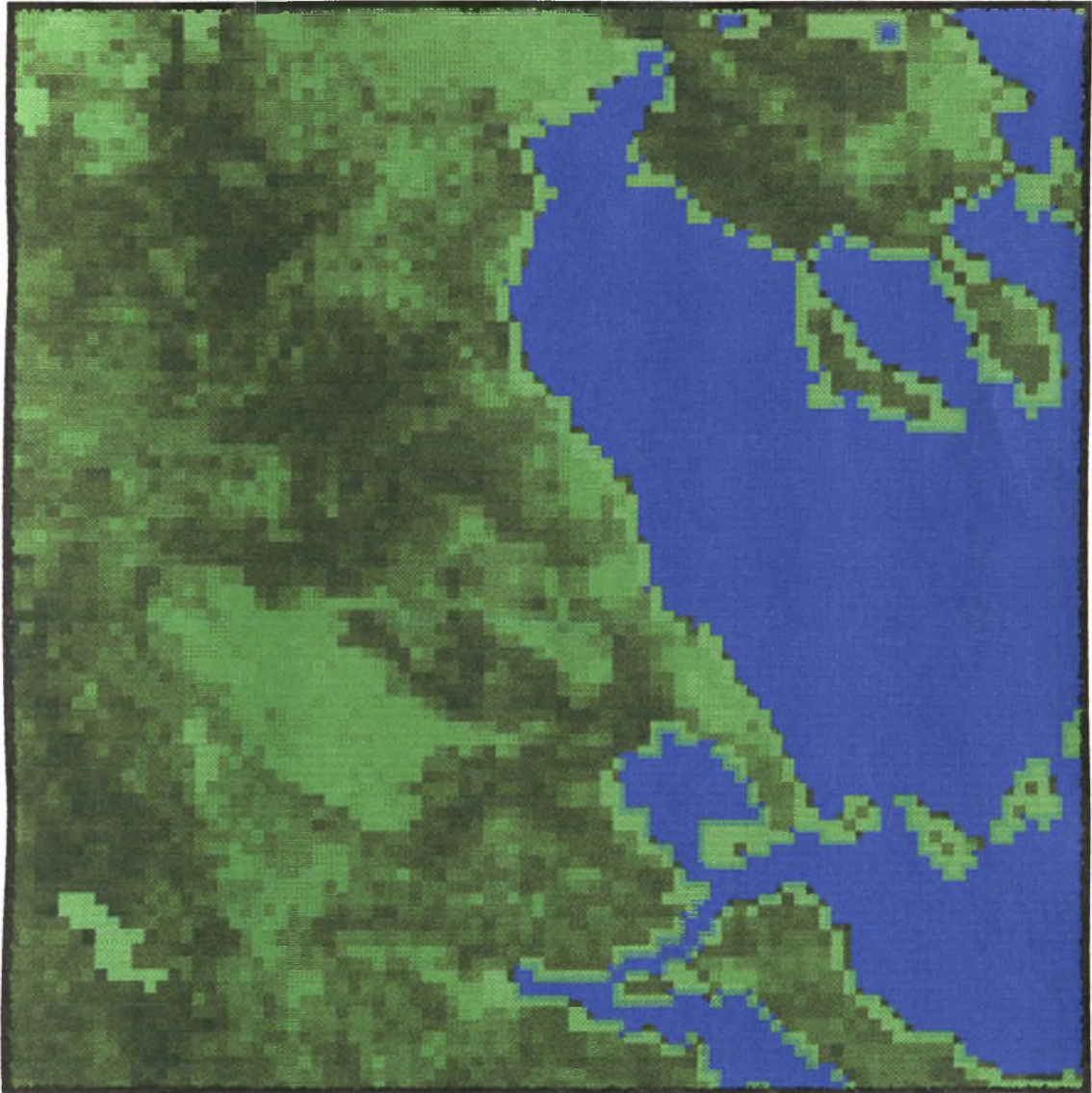
Εικόνα Π1.14: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 2ο δεκαήμερο Ιουλίου 1994



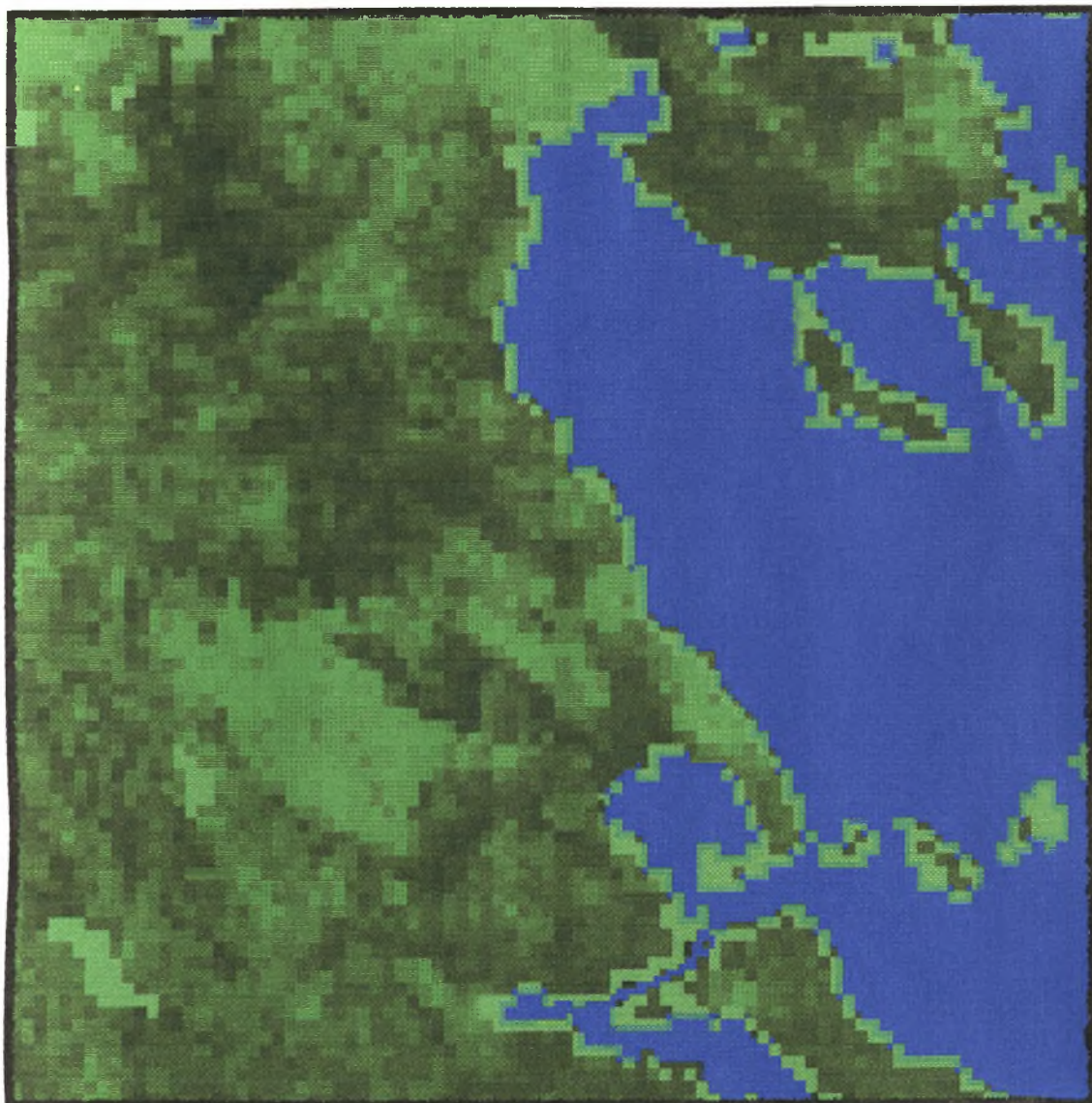
Εικόνα Π1.15: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 3ο δεκαήμερο Ιουλίου 1994



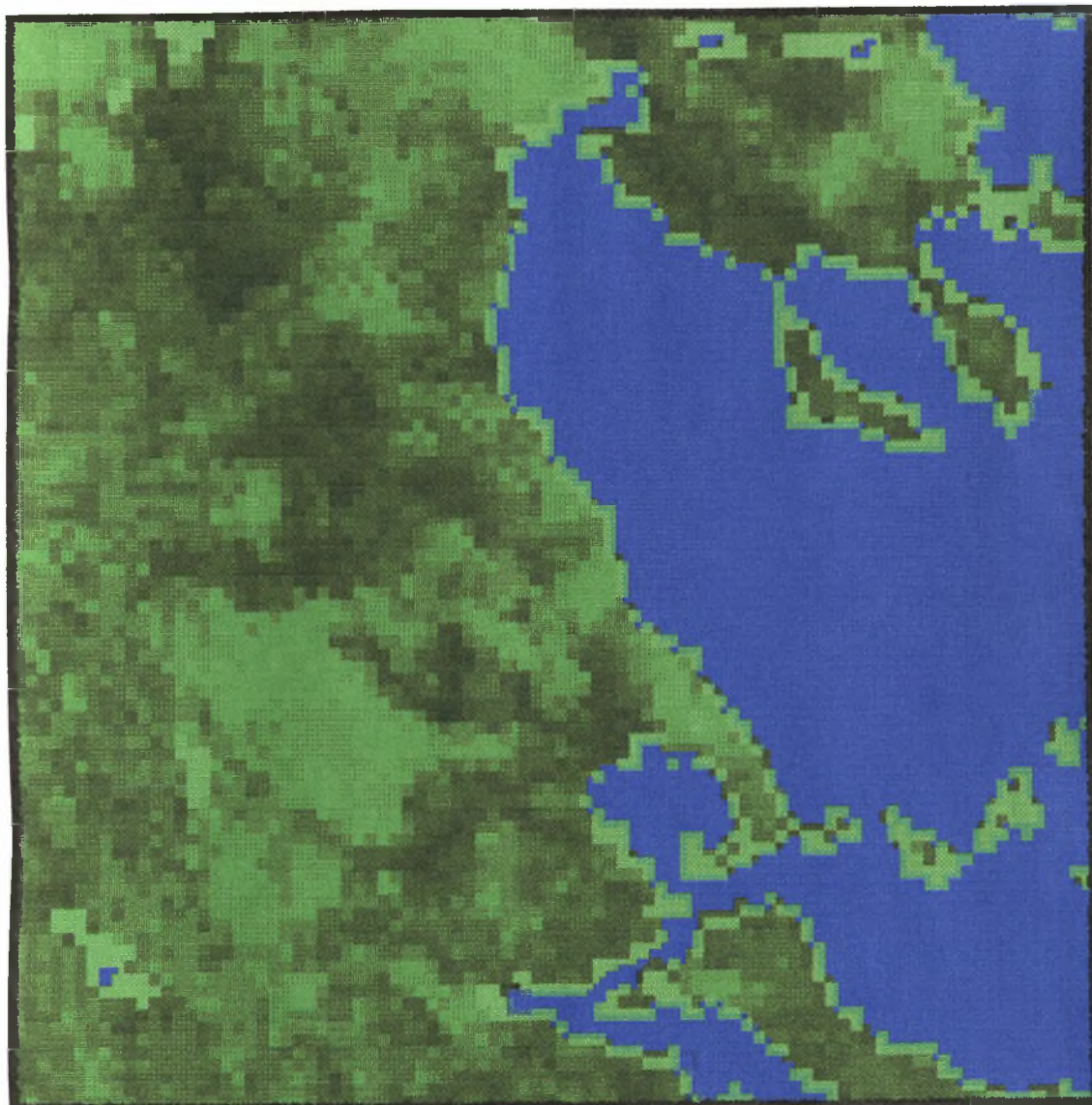
Εικόνα Π1.16: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 1ο δεκαήμερο Αυγούστου 1994



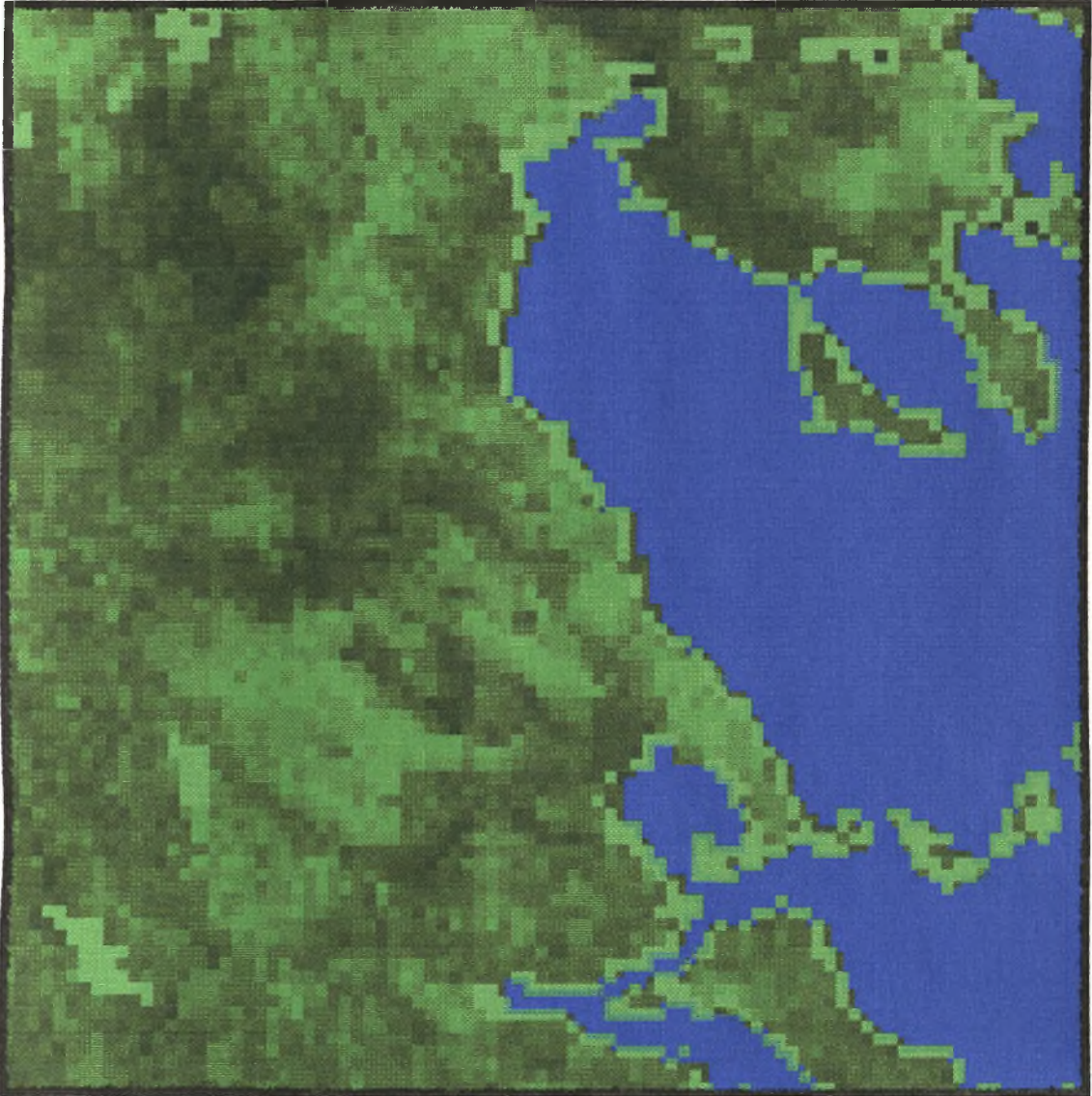
Εικόνα Π1.17: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 2ο δεκαήμερο Αυγούστου 1994



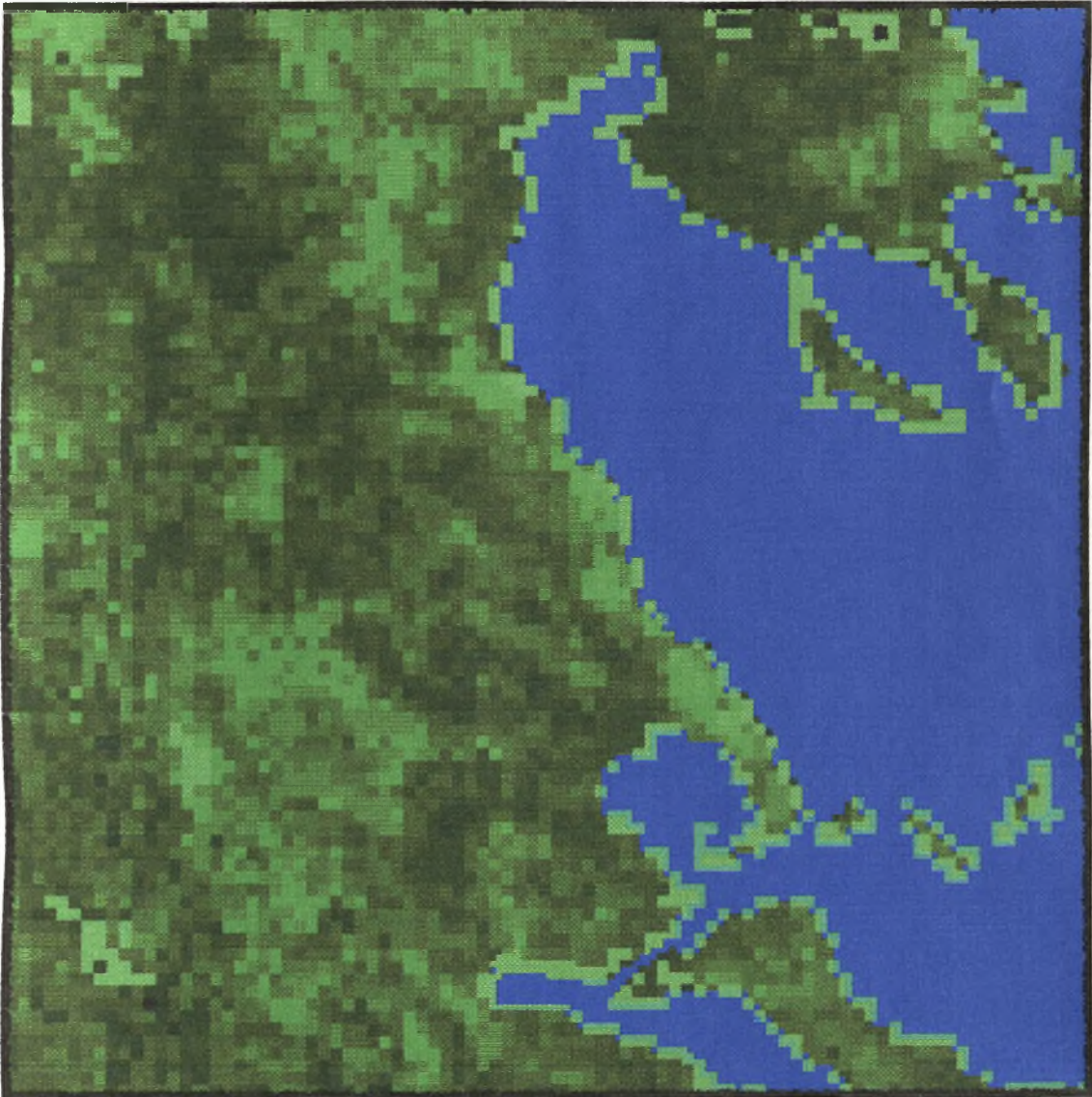
Εικόνα Π1.18: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 3ο δεκαήμερο Αυγούστου 1994



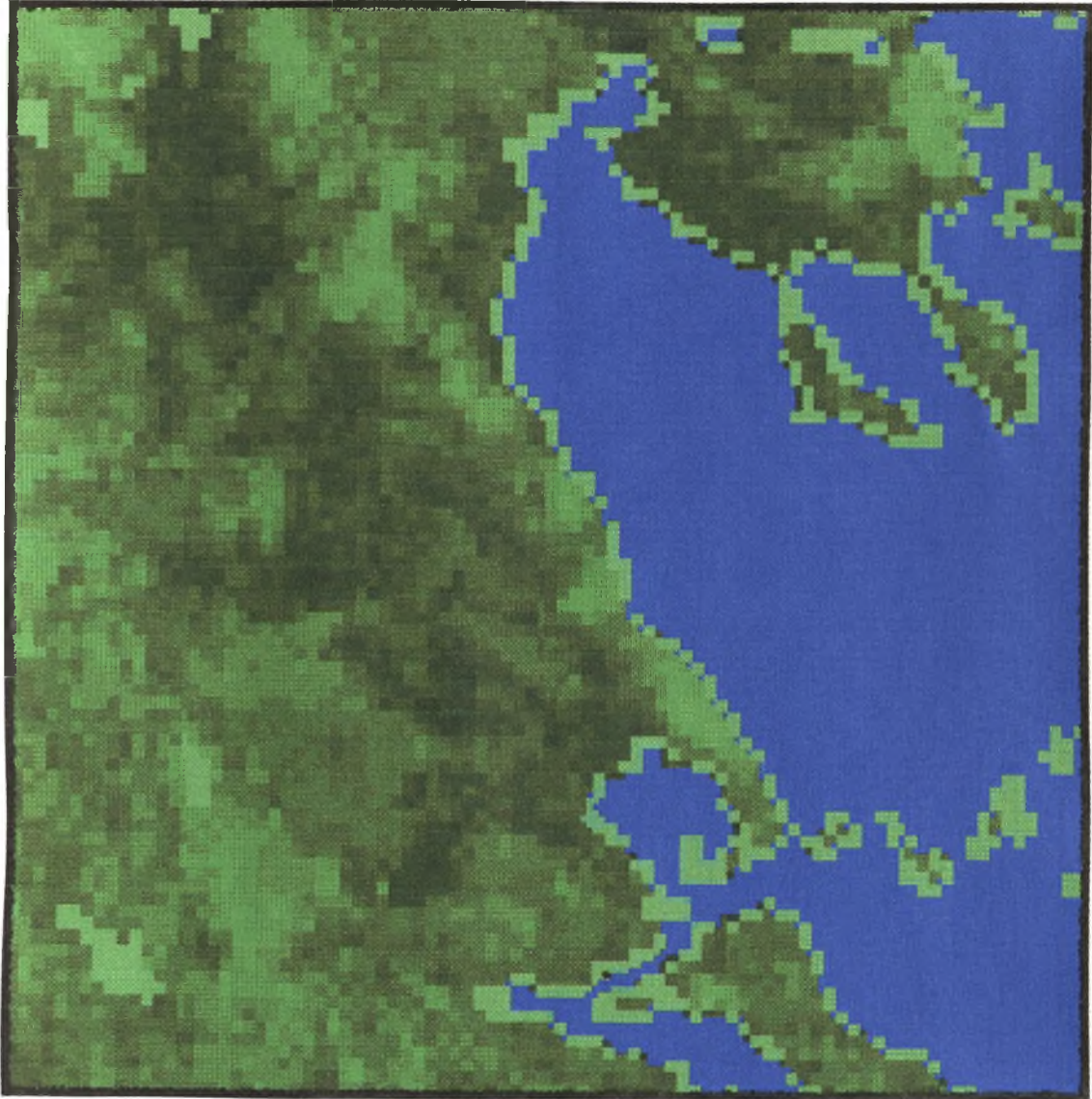
Εικόνα Π1.19: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 1ο δεκαήμερο Σεπτεμβρίου 1994



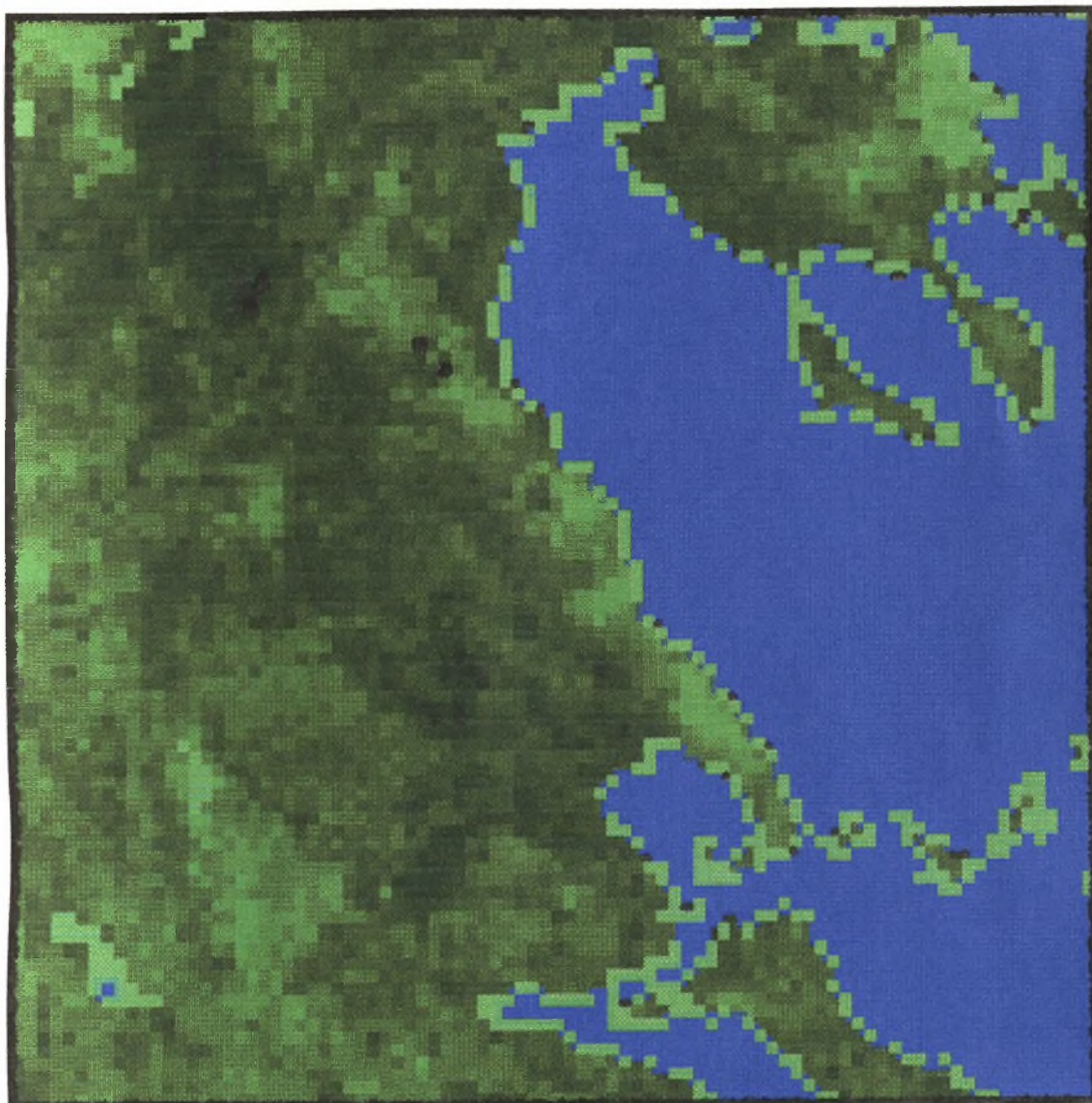
Εικόνα Π1.20: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 2ο δεκαήμερο Σεπτεμβρίου 1994



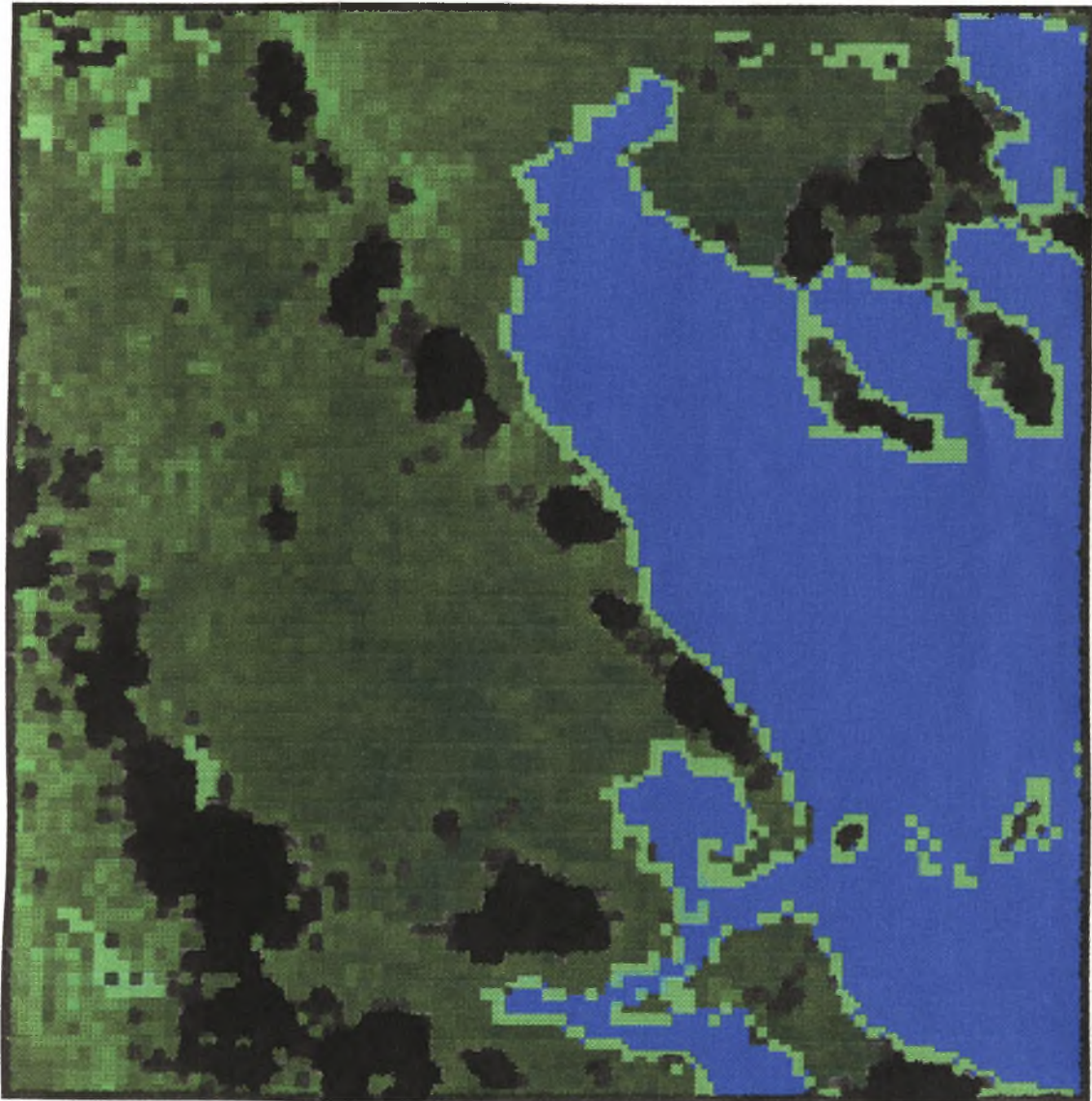
Εικόνα Π1.21: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 3ο δεκαήμερο Σεπτεμβρίου 1994



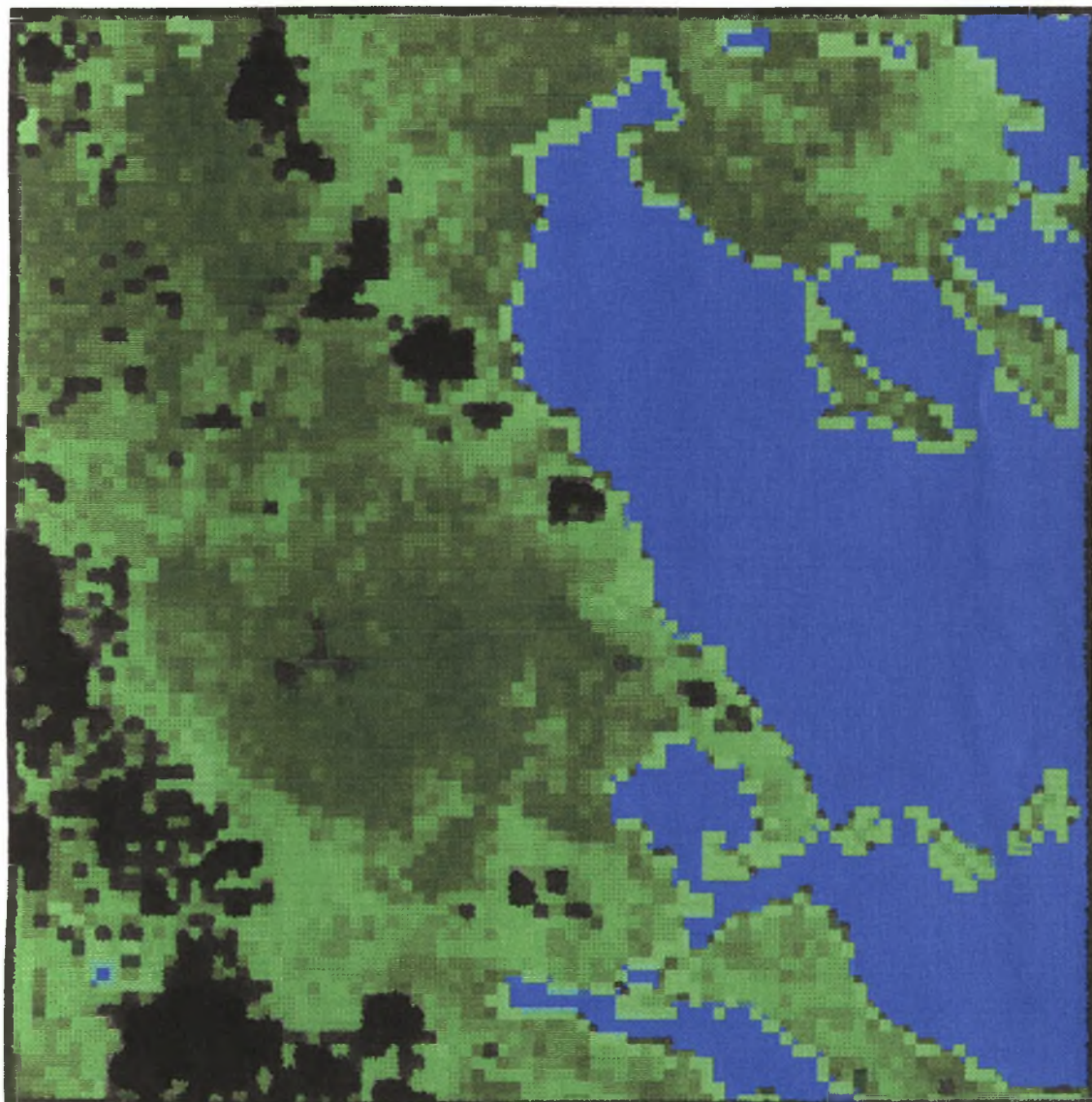
Εικόνα Π1.22: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 1ο δεκαήμερο Οκτωβρίου 1994



Εικόνα Π1.23: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 2ο δεκαήμερο Οκτωβρίου 1994



Εικόνα Π1.24: Ψηφιακή Εικόνα Δείκτη Βλάστησης. Μέγιστες τιμές NDVI για το 3ο δεκαήμερο Οκτωβρίου 1994



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π2
Μεθοδολογία Επεξεργασίας
Πρωτογενών Εικόνων ΝΟΑΑ /
ΑΥΗΡΡ

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΟΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

Η επεξεργασία των πρωταρχικών εικόνων από το στάδιο της εξαγωγής του δείκτη βλάστησης (NDVI) έως και τον υπολογισμό των δεκαημέρων, δηλαδή των 24 συνθέτων εικόνων μεγίστου NDVI πραγματοποιείται σε 5 βασικά στάδια και με τη χρήση 2 βασικών προγραμμάτων επεξεργασίας εικόνας και GIS.

Το πρώτο πρόγραμμα υπάγεται στο σύστημα λήψης και επεξεργασίας εικόνων NOAA, που διαθέτει το Εργαστήριο Αγρομετεωρολογίας του Π.Θ. Το υποπρόγραμμα (εκτελέσιμο αρχείο *.exe) το οποίο παράγει τις εικόνες NDVI βρίσκεται, μεταξύ όλων των υπολοίπων του συστήματος επεξεργασίας και ανάπτυξης άλλων δεικτών (δείκτη πυρκαγιάς ή θερμοκρασίας επιφάνειας θάλασσας), στον υποκατάλογο C:\> NOAA \ PROGRAMS \ PRODUCTS στο σκληρό δίσκο ενός H/Y Tulip 486 dx2, 32MB, 50MHz. Μέσω των προγραμμάτων του υποκαταλόγου PROGRAMS πραγματοποιείται η πρωτογενής επεξεργασία, ορθοπροβολή και μετατροπή του format των εικόνων σε μορφή αναγνώσιμη από το δεύτερο πρόγραμμα GIS με το όνομα IDRISI, που είναι καθαρά software εφαρμογών τηλεπισκόπησης. Μέσω του τελευταίου δημιουργούνται, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, σύνθετες εικόνες δείκτη βλάστησης με τιμές pixels τις μέγιστες από αυτές των αντιστοιχών pixels των εικόνων ενός δεκαημέρου. Γίνεται, δηλαδή, υπέρθεση διαδοχικών εικόνων μέσω υποπρογραμμάτων του IDRISI για εξαγωγή μεγίστων.

Τα παραπάνω περιγράφονται αναλυτικά πιο κάτω με την ακόλουθη διαδικασία:

1ο Βήμα : Εξαγωγή του δείκτη βλάστησης

Από τις διαθέσιμες εικόνες NOAA για το οκτάμηνο παράγονται οι 200 αντίστοιχες εικόνες NDVI ως εξής:

Από τον κατάλογο που είναι αποθηκευμένες οι πρωταρχικές εικόνες (*.2B2-format block files) και αφού υποστούν την απαραίτητη διαδικασία processing (calibration, navigation, mapping) για δυνατότητα περαιτέρω επεξεργασίας πληκτρολογούνται τα εξής:

```
C:\> NOAA \ IMAGES \ ARCHIVE \ ndvi <κωδικός εικόνας> / m
```

Ένας ενδεικτικός κωδικός υποθετικού αρχείου εικόνας (block file) είναι, π.χ., **SB16E732.2B2**.

Τα 8 κατά σειρά ψηφία σημαίνουν τα εξής χαρακτηριστικά της λήψης:

SB	→	κωδικός δορυφόρου :	NOAA-11
1	→	σταθερό ψηφίο	
6	→	μήνας :	Ιούνιος
E	→	ημερομηνία στο δεκαδικό σύστημα :	14
7	→	ώρα	-//- : 7 π.μ.
32	→	λεπτά	-//- : 50'

Η πρωταρχική εικόνα έχει χωρητικότητα 12 Mbytes περίπου. Η εικόνα NDVI, που παράγεται έχει τον κωδικό: NDVI????.* με τα 4 τελευταία ερωτηματικά να αντιστοιχούν στα 4 τελευταία ψηφία της εικόνας από την οποία προήλθε. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ο κωδικός της νέας εικόνας είναι: **NDVIE732.2E2** και η χωρητικότητά της 1 Mbyte περίπου. Όλες οι νέες εικόνες αποθηκεύονται στον υποκατάλογο C:\> **TEKCOR \ EXT_DATA**. Με τον τρόπο αυτό παράγονται οι 200 νέες εικόνες έτοιμες για γεωγραφική διόρθωση, αφού διαφέρουν ως προς τη σχετική μετατόπιση των pixels τους στο επίπεδο σε σχέση με τις πραγματικές γεωγραφικές συντεταγμένες.

2ο Βήμα : Ορθοπροβολή των εκόνων

Σε δεύτερη φάση διορθώνονται γεωγραφικά οι εικόνες NDVI με την ορθοπροβολή τους σε πλαίσιο γεωγραφικών συντεταγμένων της αρεσκείας μας. Πληκτρολογούνται τα εξής:

```
C:\> TEKCOR \ EXT_DATA \ noaa_ll <image path>  
      <product name>  
      <new product name>  
      <A> <B> <C> <D> <X> <Y>
```

όπου:

image path	→ ο κωδικός της εικόνας *.2B2 από την οποία προήλθε η παραγόμενη χωρίς ορθοπροβολή
product name	→ ο κωδικός της παραχθείσας *.2E2 εικόνας χωρίς ορθοπροβολή
new product name	→ ο κωδικός για την παραγόμενη *.2E2 εικόνα με ορθοπροβολή (συνήθως: REPR????.2E2)
A	→ Β. Γ. Πλάτος (ανώτερο σημείο)
B	→ Α. Γ. Μήκος (δυτικό σημείο)
C	→ Β. Γ. Πλάτος (κατώτερο σημείο)
D	→ Α. Γ. Μήκος (ανατολικό σημείο)

(Τα A, B, C, D οι συντεταγμένες σε δεκαδικά, π.χ., 35,5 = 35°30')

Συντελεστές scaling (με τη μέγιστη ακρίβεια δεκαδικού ψηφίου)

X	→ A-C : 1023
Y	→ B-D : 1023

3ο Βήμα : Μετατροπή των διορθωμένων εικόνων σε format IDRISI

Στον κατάλογο C:>\ UTIL πληκτρολογούνται τα εξής:

```
C:>\ UTIL \ noaa2idr \ TEKCOR \ EXT_DATA \
    \ <κωδικός διορθωμένης REPR????.2E2 εικόνας> \
    \ EXERCISE \ <κωδικός νέας *.img IDRISI εικόνας>
```

Οι εικόνες, που δημιουργούνται στον κατάλογο C:>\ EXERCISE έχουν χωρητικότητα 1Mbyte περίπου και είναι έτοιμες για εξαγωγή μεγίστων.

4ο Βήμα : Δημιουργία δεκαημέρων

Από το C:\> πληκτρολογείται <idr>, που εισάγει στο περιβάλλον του IDRISI. Επιλέγεται <Database Query / Map Algebra> και στη συνέχεια <Overlay>. Από τις 9 δυνατές μεταχειρίσεις των εικόνων ανά 2, επιλέγεται <9> <Maximum>, η οποία δέχεται

ανά 2 τις εικόνες και εξάγει μία τρίτη της οποίας τα pixels έχουν τιμές τις μέγιστες εκ των δύο. Έτσι, ανά δύο υπολογίζονται όλες οι μέγιστες των 24 δεκαημέρων χωρητικότητας 1Mbyte περίπου και με κωδικούς **maxmar1** για το 1ο δεκαήμερο του Μαρτίου **maxmar2** για το 2ο κοκ.

5ο Βήμα : Υπολογισμός μέσης τιμής NDVI ανά 3x3=9 pixels για κάθε σταθμό και δεκαήμερο

Στο περιβάλλον του IDRISI επιλέγεται από το βασικό menu <Display> <Color a> <κωδικός κάθε εικόνας> <Palette name= ndvi1> και με τη χρήση του σταυρονήματος επιλέγονται οι συντεταγμένες του κάθε σταθμού. Το σημείο που προκύπτει αντιστοιχεί στο κεντρικό από τα 9 γύρω pixels από τα οποία εξάγεται και η μέση τιμή και σημειώνεται. Έτσι, δημιουργείται μία χρονοσειρά μέσων τιμών NDVI ανά δεκαήμερο και σταθμό, η οποία χρησιμοποιείται τελικά στους πίνακες μαζί με τις χρονοσειρές όλων των μετεωρολογικών παραμέτρων με σκοπό τη δημιουργία διαγραμμάτων και την εξαγωγή συμπερασμάτων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π3

**Λίστα Πρωτογενών Εικόνων ΝΟΑΑ / ΑΝΗΡΡ
και Τεχνικά Χαρακτηριστικά Περιβαλλοντικών
Δορυφόρων**

Πίνακας Π3.1: Χρησιμοποιηθείσες εικόνες NOAA/AVHRR για το χρονικό διάστημα Μάρτιος-Οκτώβριος 1994

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ	ΔΟΡΥΦΟΡΟΣ	ΚΩΔΙΚΟΣ
01/03/1994	14.03 GMT	NOAA11	SB131E03.2B2
02/03/1994	13.51 GMT	NOAA11	SB132D33.2B2
03/03/1994	13.39 GMT	NOAA11	SB133D27.2B2
05/03/1994	14.55 GMT	NOAA11	SB135E37.2B2
07/03/1994	14.32 GMT	NOAA11	SB137E1E.2B2
08/03/1994	14.18 GMT	NOAA11	SB138E12.2B2
09/03/1994	14.06 GMT	NOAA11	SB139E06.2B2
10/03/1994	13.54 GMT	NOAA11	SB13AD36.2B2
11/03/1994	13.41 GMT	NOAA11	SB13BD29.2B2
13/03/1994	14.58 GMT	NOAA11	SB13DE3A.2B2
14/03/1994	14.45 GMT	NOAA11	SB13EE2D.2B2
15/03/1994	14.33 GMT	NOAA11	SB13FE21.2B2
16/03/1994	14.21 GMT	NOAA11	SB13GE15.2B2
17/03/1994	14.08 GMT	NOAA11	SB13HE08.2B2
18/03/1994	13.56 GMT	NOAA11	SB13ID38.2B2
19/03/1994	13.46 GMT	NOAA11	SB13JD2C.2B2
21/03/1994	15.00 GMT	NOAA11	SB13LF00.2B2
22/03/1994	14.48 GMT	NOAA11	SB13ME30.2B2
23/03/1994	14.35 GMT	NOAA11	SB13NE23.2B2
24/03/1994	14.23 GMT	NOAA11	SB13OE17.2B2
25/03/1994	14.12 GMT	NOAA11	SB13PE0B.2B2
26/03/1994	13.59 GMT	NOAA11	SB13QD3B.2B2
27/03/1994	13.46 GMT	NOAA11	SB13RD2E.2B2
29/03/1994	15.03 GMT	NOAA11	SB13TF03.2B2
30/03/1994	14.50 GMT	NOAA11	SB13UE32.2B2
31/03/1994	14.38 GMT	NOAA11	SB13VE26.2B2
01/04/1994	14.26 GMT	NOAA11	SB141E1A.2B2
02/04/1994	14.13 GMT	NOAA11	SB142E0D.2B2
03/04/1994	14.01 GMT	NOAA11	SB143E01.2B2
04/04/1994	13.49 GMT	NOAA11	SB144D31.2B2
07/04/1994	14.53 GMT	NOAA11	SB147E35.2B2
08/04/1994	14.40 GMT	NOAA11	SB148E28.2B2
09/04/1994	14.28 GMT	NOAA11	SB149E1C.2B2
10/04/1994	14.16 GMT	NOAA11	SB14AE10.2B2
11/04/1994	14.04 GMT	NOAA11	SB14BE04.2B2
13/04/1994	16.42 GMT	NOAA12	SC14DG2A.2B2
14/04/1994	15.08 GMT	NOAA11	SB14EF08.2B2
15/04/1994	14.55 GMT	NOAA11	SB14FE37.2B2
16/04/1994	14.43 GMT	NOAA11	SB14GE2B.2B2
17/04/1994	14.31 GMT	NOAA11	SB14HE1F.2B2
18/04/1994	14.18 GMT	NOAA11	SB14IE12.2B2
19/04/1994	14.06 GMT	NOAA11	SB14JE06.2B2
20/04/1994	17.31 GMT	NOAA12	SC14KH1F.2B2
22/04/1994	15.10 GMT	NOAA11	SB14MF0A.2B2

Πίνακας Π3.1 (συνέχεια)

23/04/1994	14.58 GMT	NOAA11	SB14NE3A.2B2
25/04/1994	14.33 GMT	NOAA11	SB14PE21.2B2
26/04/1994	17.01 GMT	NOAA12	SC14QH01.2B2
27/04/1994	14.08 GMT	NOAA11	SB14RE08.2B2
28/04/1994	13.56 GMT	NOAA11	SB14SD38.2B2
29/04/1994	06.16 GMT	NOAA12	NC14T610.2B2
30/04/1994	15.12 GMT	NOAA11	SB14UF0C.2B2
01/05/1994	15.00 GMT	NOAA11	SB151F00.2B2
02/05/1994	14.48 GMT	NOAA11	SB152E30.2B2
03/05/1994	14.35 GMT	NOAA11	SB153E23.2B2
04/05/1994	14.23 GMT	NOAA11	SB154E17.2B2
05/05/1994	14.12 GMT	NOAA11	SB155E0B.2B2
06/05/1994	13.59 GMT	NOAA11	SB156D3B.2B2
07/05/1994	18.18 GMT	NOAA 9	S9157I12.2B2
08/05/1994	15.16 GMT	NOAA11	SB158F0F.2B2
09/05/1994	15.03 GMT	NOAA11	SB159F03.2B2
10/05/1994	14.50 GMT	NOAA11	SB15AE32.2B2
11/05/1994	14.38 GMT	NOAA11	SB15BE26.2B2
12/05/1994	14.26 GMT	NOAA11	SB15CE1A.2B2
13/05/1994	14.13 GMT	NOAA11	SB15DE0D.2B2
14/05/1994	14.01 GMT	NOAA11	SB15EE01.2B2
15/05/1994	13.49 GMT	NOAA11	SB15FD31.2B2
16/05/1994	18.03 GMT	NOAA 9	S915GI03.1B2
17/05/1994	15.05 GMT	NOAA11	SB15HF05.2B2
18/05/1994	14.53 GMT	NOAA11	SB15IE35.2B2
19/05/1994	14.40 GMT	NOAA11	SB15JE28.2B2
20/05/1994	14.28 GMT	NOAA11	SB15KE1C.2B2
21/05/1994	14.16 GMT	NOAA11	SB15LE10.2B2
22/05/1994	14.03 GMT	NOAA11	SB15ME03.2B2
23/05/1994	13.51 GMT	NOAA11	SB15ND33.2B2
24/05/1994	15.20 GMT	NOAA11	SB15OF14.2B2
26/05/1994	14.55 GMT	NOAA11	SB15QE37.2B2
27/05/1994	14.44 GMT	NOAA11	SB15RE2B.2B2
28/05/1994	14.30 GMT	NOAA11	SB15SE1E.2B2
29/05/1994	14.18 GMT	NOAA11	SB15TE12.2B2
30/05/1994	14.06 GMT	NOAA11	SB15UE06.2B2
01/06/1994	15.22 GMT	NOAA11	SB161F16.2B2
02/06/1994	15.10 GMT	NOAA11	SB162F0A.2B2
03/06/1994	14.57 GMT	NOAA11	SB163E39.2B2
04/06/1994	14.45 GMT	NOAA11	SB164E2D.2B2
06/06/1994	14.20 GMT	NOAA11	SB166E14.2B2
07/06/1994	14.08 GMT	NOAA11	SB167E08.2B2
08/06/1994	13.56 GMT	NOAA11	SB168D38.2B2
09/06/1994	15.37 GMT	NOAA11	SB169F25.2B2
11/06/1994	15.00 GMT	NOAA11	SB16BF00.2B2
13/06/1994	14.35 GMT	NOAA11	SB16DE23.2B2

Πίνακας Π3.1 (συνέχεια)

14/06/1994	14.23 GMT	NOAA11	SB16EE17.2B2
15/06/1994	14.12 GMT	NOAA11	SB16FE0A.2B2
16/06/1994	13.58 GMT	NOAA11	SB16GD3A.2B2
18/06/1994	15.14 GMT	NOAA11	SB16IF0E.2B2
19/06/1994	15.04 GMT	NOAA11	SB16JF02.2B2
20/06/1994	14.50 GMT	NOAA11	SB16KE32.2B2
21/06/1994	14.37 GMT	NOAA11	SB16LE25.2B2
22/06/1994	14.25 GMT	NOAA11	SB16ME19.2B2
23/06/1994	14.13 GMT	NOAA11	SB16NE0D.2B2
26/06/1994	15.17 GMT	NOAA11	SB16QF11.2B2
27/06/1994	15.04 GMT	NOAA11	SB16RF04.2B2
28/06/1994	14.52 GMT	NOAA11	SB16SE34.2B2
29/06/1994	14.40 GMT	NOAA11	SB16TE28.2B2
30/06/1994	14.27 GMT	NOAA11	SB16UE1B.2B2
01/07/1994	14.15 GMT	NOAA11	SB17IE0F.2B2
04/07/1994	15.19 GMT	NOAA11	SB174F13.2B2
05/07/1994	15.07 GMT	NOAA11	SB175F07.2B2
06/07/1994	14.54 GMT	NOAA11	SB176E36.2B2
07/07/1994	14.42 GMT	NOAA11	SB177E2A.2B2
08/07/1994	14.30 GMT	NOAA11	SB178E1E.2B2
09/07/1994	14.17 GMT	NOAA11	SB179E11.2B2
10/07/1994	14.05 GMT	NOAA11	SB17AE05.2B2
12/07/1994	15.21 GMT	NOAA11	SB17CF15.2B2
13/07/1994	15.09 GMT	NOAA11	SB17DF09.2B2
14/07/1994	14.58 GMT	NOAA11	SB17EE38.2B2
15/07/1994	14.46 GMT	NOAA11	SB17FE2C.2B2
16/07/1994	14.33 GMT	NOAA11	SB17GE2O.2B2
17/07/1994	14.21 GMT	NOAA11	SB17HE14.2B2
18/07/1994	14.09 GMT	NOAA11	SB17IE07.2B2
19/07/1994	16.46 GMT	NOAA12	SC17JG2E.2B2
20/07/1994	15.24 GMT	NOAA11	SB17KF18.2B2
21/07/1994	15.11 GMT	NOAA11	SB17LF0B.2B2
22/07/1994	14.59 GMT	NOAA11	SB17ME3B.2B2
23/07/1994	14.46 GMT	NOAA11	SB17NE2E.2B2
24/07/1994	14.34 GMT	NOAA11	SB17OE22.2B2
25/07/1994	14.22 GMT	NOAA11	SB17PE16.2B2
26/07/1994	14.10 GMT	NOAA11	SB17QE0A.2B2
27/07/1994	17.13 GMT	NOAA12	SC17RH0D.2B2
28/07/1994	15.26 GMT	NOAA11	SB17SF1A.2B2
29/07/1994	15.13 GMT	NOAA11	SB17TF0D.2B2
30/07/1994	15.01 GMT	NOAA11	SB17UF01.2B2
31/07/1994	14.49 GMT	NOAA11	SB17VE31.2B2
01/08/1994	14.36 GMT	NOAA11	SB18IE24.2B2
02/08/1994	14.24 GMT	NOAA11	SB182E18.2B2
05/08/1994	15.28 GMT	NOAA11	SB185F1C.2B2
06/08/1994	15.15 GMT	NOAA11	SB186F0F.2B2

Πίνακας Π3.1 (συνέχεια)

07/08/1994	16.35 GMT	NOAA12	SB187G23.2B2
08/08/1994	14.51 GMT	NOAA11	SB188E33.2B2
09/08/1994	14.38 GMT	NOAA11	SB189E26.2B2
10/08/1994	14.26 GMT	NOAA11	SB18AE1A.2B2
11/08/1994	14.14 GMT	NOAA11	SB18BE0E.2B2
13/08/1994	15.30 GMT	NOAA11	SB18DF1E.2B2
14/08/1994	15.18 GMT	NOAA11	SB18EF12.2B2
15/08/1994	15.05 GMT	NOAA11	SB18FF05.2B2
16/08/1994	14.53 GMT	NOAA11	SB18GE35.2B2
17/08/1994	14.41 GMT	NOAA11	SB18HE29.2B2
18/08/1994	14.30 GMT	NOAA11	SB18IE1C.2B2
19/08/1994	17.17 GMT	NOAA12	SC18JH10.2B2
22/08/1994	15.20 GMT	NOAA11	SB18MF14.2B2
23/08/1994	15.08 GMT	NOAA11	SB18NF08.2B2
24/08/1994	14.55 GMT	NOAA11	SB18OE37.2B2
25/08/1994	14.43 GMT	NOAA11	SB18PE2B.2B2
26/08/1994	14.30 GMT	NOAA11	SB18QE1E.2B2
27/08/1994	14.18 GMT	NOAA11	SB18RE12.2B2
29/08/1994	15.34 GMT	NOAA11	SB18TF22.2B2
30/08/1994	15.22 GMT	NOAA11	SB18UF16.2B2
31/08/1994	15.10 GMT	NOAA11	SB18VF0A.2B2
01/09/1994	14.57 GMT	NOAA11	SB191E39.2B2
02/09/1994	14.45 GMT	NOAA11	SB192E2D.2B2
03/09/1994	14.33 GMT	NOAA11	SB183E21.2B2
04/09/1994	14.20 GMT	NOAA11	SB194E14.2B2
06/09/1994	15.37 GMT	NOAA11	SB196F25.2B2
07/09/1994	15.24 GMT	NOAA11	SB197F18.2B2
08/09/1994	15.12 GMT	NOAA11	SB198F0C.2B2
09/09/1994	14.59 GMT	NOAA11	SB199E3B.2B2
10/09/1994	14.47 GMT	NOAA11	SB19AE2F.2B2
11/09/1994	14.35 GMT	NOAA11	SB19BE23.2B2
12/09/1994	14.22 GMT	NOAA11	SB19CE16.2B2
13/09/1994	14.10 GMT	NOAA11	SB19DE0A.2B2
14/09/1994	06.32 GMT	NOAA12	NC19E620.2B2
20/09/1994	07.48 GMT	NOAA 9	N919K730.2B2
21/09/1994	17.02 GMT	NOAA12	SC19LH02.2B2
23/09/1994	06.38 GMT	NOAA12	NC19N626.2B2
24/09/1994	06.16 GMT	NOAA12	NC19O610.2B2
26/09/1994	08.10 GMT	NOAA 9	N919Q80A.2B2
27/09/1994	07.58 GMT	NOAA 9	N919R73A.2B2
28/09/1994	07.45 GMT	NOAA 9	N919S72D.2B2
29/09/1994	06.08 GMT	NOAA12	NC19T608.2B2
30/09/1994	07.19 GMT	NOAA 9	N919U713.2B2
02/10/1994	08.33 GMT	NOAA 9	N91A2821.2B2
03/10/1994	08.21 GMT	NOAA 9	N91A3815.2B2
05/10/1994	07.55 GMT	NOAA 9	N91A5737.2B2

Πίνακας Π3.1 (συνέχεια)

06/10/1994	07.42 GMT	NOAA 9	N91A672A.2B2
10/10/1994	08.30 GMT	NOAA 9	N91AAB1E.2B2
11/10/1994	08.18 GMT	NOAA 9	N91AB812.2B2
12/10/1994	08.05 GMT	NOAA 9	N91AC805.2B2
13/10/1994	07.52 GMT	NOAA 9	N91AD734.2B2
14/10/1994	07.39 GMT	NOAA 9	N91AE727.2B2
15/10/1994	07.27 GMT	NOAA 9	N91AF71A.2B2
16/10/1994	06.40 GMT	NOAA12	NC1AG628.2B2
17/10/1994	06.18 GMT	NOAA12	NC1AH612.2B2
18/10/1994	08.28 GMT	NOAA 9	N91AI81C.2B2
19/10/1994	08.15 GMT	NOAA 9	N91AJ80F.2B2
20/10/1994	08.02 GMT	NOAA 9	N91AK802.2B2
21/10/1994	07.49 GMT	NOAA 9	N91AL731.2B2
25/10/1994	06.47 GMT	NOAA12	NC1AP62D.2B2
26/10/1994	08.25 GMT	NOAA 9	N91AQ819.2B2
27/10/1994	08.12 GMT	NOAA 9	N91AR80C.2B2
28/10/1994	07.59 GMT	NOAA 9	N91AS73B.2B2
30/10/1994	07.33 GMT	NOAA 9	N91AU721.2B2
Σ Υ Ν Ο Λ Ο : 2 0 0 Ε Ι Κ Ο Ν Ε Σ			

Πίνακας Π3.2: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Δορυφόρου SPOT

ΤΥΠΟΣ ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΟΥ	Visible High Resolution (VHR)
ΤΥΠΟΣ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ	Ηλιοσύγχρονος
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΤΡΟΧΙΑΣ	820 χλμ
ΜΕΣΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΤΡΟΧΙΑΣ	103 λεπτά
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΠΑΝΕΜΦΑΝΙΣΗΣ	26 ημέρες
ΔΙΕΛΕΥΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΙΣΗΜΕΡΙΝΟ	10:30 LST
ΕΥΡΟΣ ΓΩΝΙΑΣ ΣΑΡΩΣΗΣ	$\pm 2.5^\circ$
ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ	20x20 μ (pixel στο ναδίρ), 10x10 μ (πανχρωματικό κανάλι)
ΚΑΝΑΛΙΑ	
1	0.50-0.59 μm : μπλε-πράσινο
2	0.62-0.66 μm : πορτοκαλί-ερυθρό
3	0.77-0.87 μm : μέσο υπέρυθρο
4	0.51-0.73 μm : πανχρωματικό σύστημα

Πίνακας Π3.3: Τεχνικά χαρακτηριστικά του δορυφόρου LANDSAT

ΤΥΠΟΣ ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΟΥ	Thematic Mapper
ΤΥΠΟΣ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ	Ηλιοσύγχρονος
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΤΡΟΧΙΑΣ	750 χλμ
ΜΕΣΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΤΡΟΧΙΑΣ	103 λεπτά
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΠΑΝΕΜΦΑΝΙΣΗΣ	16 ημέρες
ΔΙΕΛΕΥΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΙΣΗΜΕΡΙΝΟ	09:45 LST
ΕΥΡΟΣ ΓΩΝΙΑΣ ΣΑΡΩΣΗΣ	±7.4°
ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ	30x30 μ (pixel στο ναδίρ), 120 μ (θερμικό κανάλι)
ΚΑΝΑΛΙΑ	
1	0.45-0.52 μm : μπλε
2	0.52-0.60 μm : πράσινο
3	0.63-0.69 μm : πορτοκαλί-ερυθρό
4	0.78-0.91 μm : κοντινό υπέρυθρο
5	1.57-1.78 μm : μέσο υπέρυθρο
6	10.42-11.66 μm : θερμικό υπέρυθρο
7	2.08-2.35 μm : μέσο υπέρυθρο

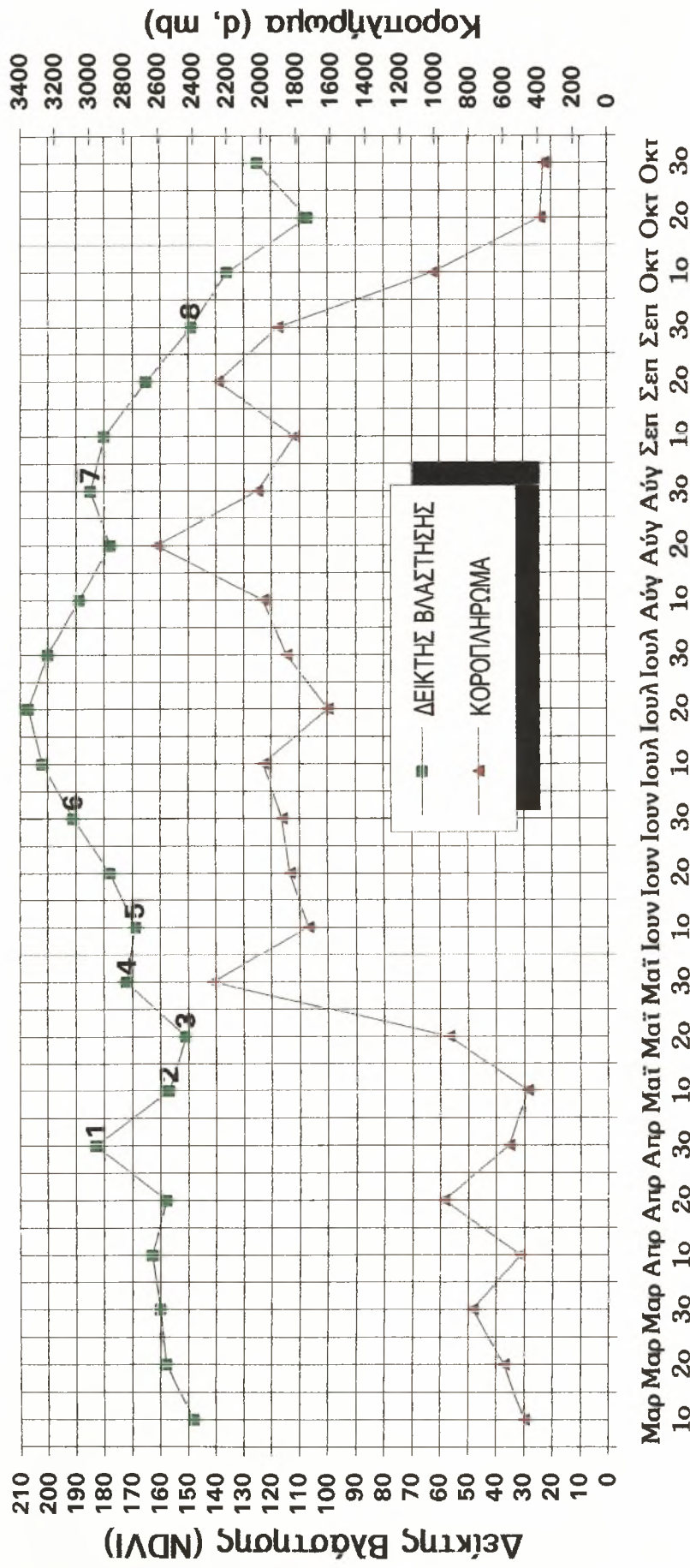
Πίνακας Π3.4: Αντιστοίχιση Τιμών Pixel (κλίμακα 1-255) σε τιμές Δείκτη Βλάστησης (κλίμακα -0.32-0.674)

0	-0.320	64	-0.071	128	0.179	192	0.428
1	-0.316	65	-0.067	129	0.183	193	0.432
2	-0.313	66	-0.063	130	0.187	194	0.436
3	-0.309	67	-0.059	131	0.191	195	0.440
4	-0.305	68	-0.055	132	0.194	196	0.444
5	-0.301	69	-0.051	133	0.198	197	0.448
6	-0.297	70	-0.047	134	0.202	198	0.452
7	-0.293	71	-0.043	135	0.206	199	0.456
8	-0.289	72	-0.040	136	0.210	200	0.460
9	-0.285	73	-0.036	137	0.214	201	0.464
10	-0.281	74	-0.032	138	0.218	202	0.467
11	-0.277	75	-0.028	139	0.222	203	0.471
12	-0.274	76	-0.024	140	0.226	204	0.475
13	-0.270	77	-0.020	141	0.230	205	0.479
14	-0.266	78	-0.016	142	0.233	206	0.483
15	-0.262	79	-0.012	143	0.237	207	0.487
16	-0.258	80	-0.008	144	0.241	208	0.491
17	-0.254	81	-0.004	145	0.245	209	0.495
18	-0.250	82	-0.001	146	0.249	210	0.499
19	-0.246	83	0.003	147	0.253	211	0.503
20	-0.242	84	0.007	148	0.257	212	0.506
21	-0.238	85	0.011	149	0.261	213	0.510
22	-0.235	86	0.015	150	0.265	214	0.514
23	-0.231	87	0.019	151	0.269	215	0.518
24	-0.227	88	0.023	152	0.272	216	0.522
25	-0.223	89	0.027	153	0.276	217	0.526
26	-0.219	90	0.031	154	0.280	218	0.530
27	-0.215	91	0.035	155	0.284	219	0.534
28	-0.211	92	0.038	156	0.288	220	0.538
29	-0.207	93	0.042	157	0.292	221	0.542
30	-0.203	94	0.046	158	0.296	222	0.545
31	-0.199	95	0.050	159	0.300	223	0.549
32	-0.196	96	0.054	160	0.304	224	0.553
33	-0.192	97	0.058	161	0.308	225	0.557
34	-0.188	98	0.062	162	0.311	226	0.561
35	-0.184	99	0.066	163	0.315	227	0.565
36	-0.180	100	0.070	164	0.319	228	0.569
37	-0.176	101	0.074	165	0.323	229	0.573
38	-0.172	102	0.077	166	0.327	230	0.577
39	-0.168	103	0.081	167	0.331	231	0.581
40	-0.164	104	0.085	168	0.335	232	0.584
41	-0.160	105	0.089	169	0.339	233	0.588
42	-0.157	106	0.093	170	0.343	234	0.592
43	-0.153	107	0.097	171	0.347	235	0.596
44	-0.149	108	0.101	172	0.350	236	0.600
45	-0.145	109	0.105	173	0.354	237	0.604
46	-0.141	110	0.109	174	0.358	238	0.608
47	-0.137	111	0.113	175	0.362	239	0.612
48	-0.133	112	0.116	176	0.366	240	0.616
49	-0.129	113	0.120	177	0.370	241	0.620
50	-0.125	114	0.124	178	0.374	242	0.623
51	-0.121	115	0.128	179	0.378	243	0.627
52	-0.118	116	0.132	180	0.382	244	0.631
53	-0.114	117	0.136	181	0.386	245	0.635
54	-0.110	118	0.140	182	0.389	246	0.639
55	-0.106	119	0.144	183	0.393	247	0.643
56	-0.102	120	0.148	184	0.397	248	0.647
57	-0.098	121	0.152	185	0.401	249	0.651
58	-0.094	122	0.155	186	0.405	250	0.655
59	-0.090	123	0.159	187	0.409	251	0.659
60	-0.086	124	0.163	188	0.413	252	0.662
61	-0.082	125	0.167	189	0.417	253	0.666
62	-0.079	126	0.171	190	0.421	254	0.670
63	-0.075	127	0.175	191	0.425	255	0.674

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π4

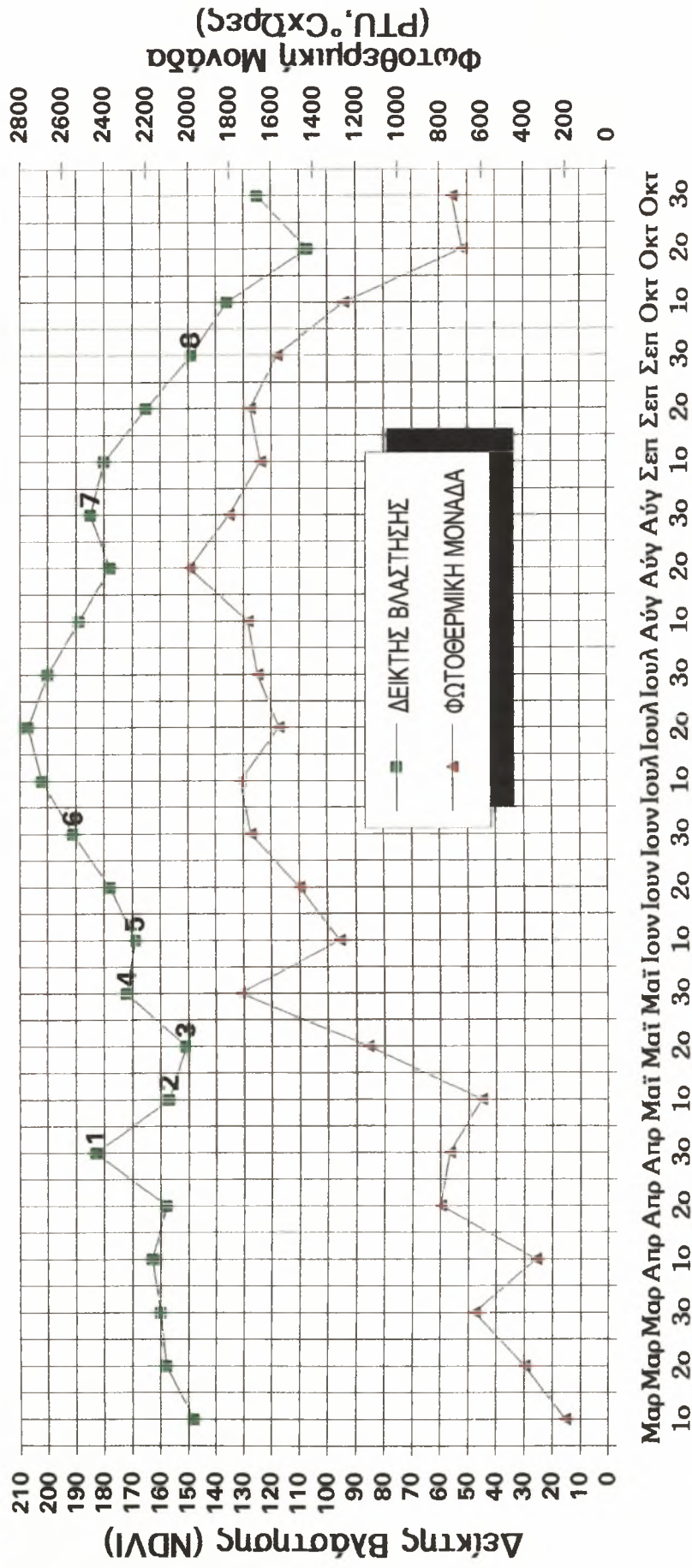
Διαγράμματα Συμμεταβολής Βαμβακιού

Σχήμα Π4.1: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Κοροπληρώματος Σταθμού Καρδίτσας για Καλλιέργεια Βαμβακιού 1994



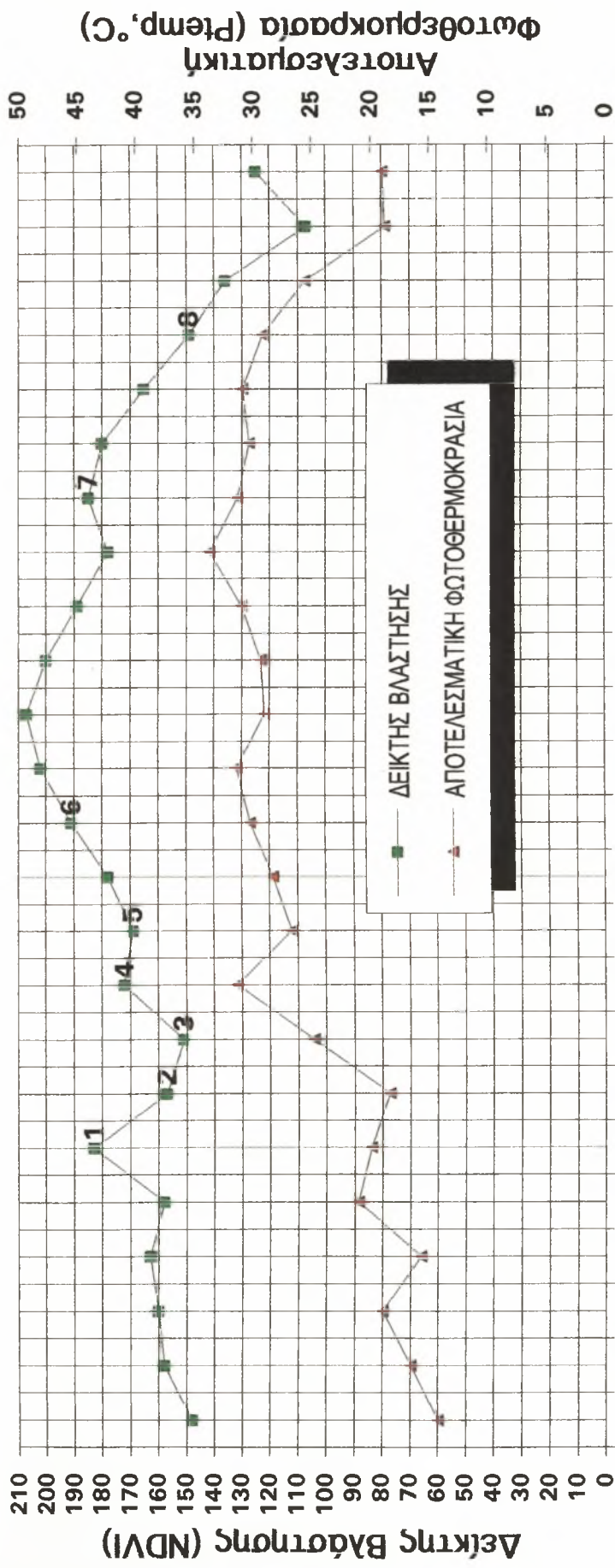
Δεκαήμερα 1994

Σχήμα Π4.2: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Φωτοθερμικής Μονάδας Σταθμού Καρδίτσας για Καλλιέργεια Βαμβακιού 1994



Δεκαήμερα 1994

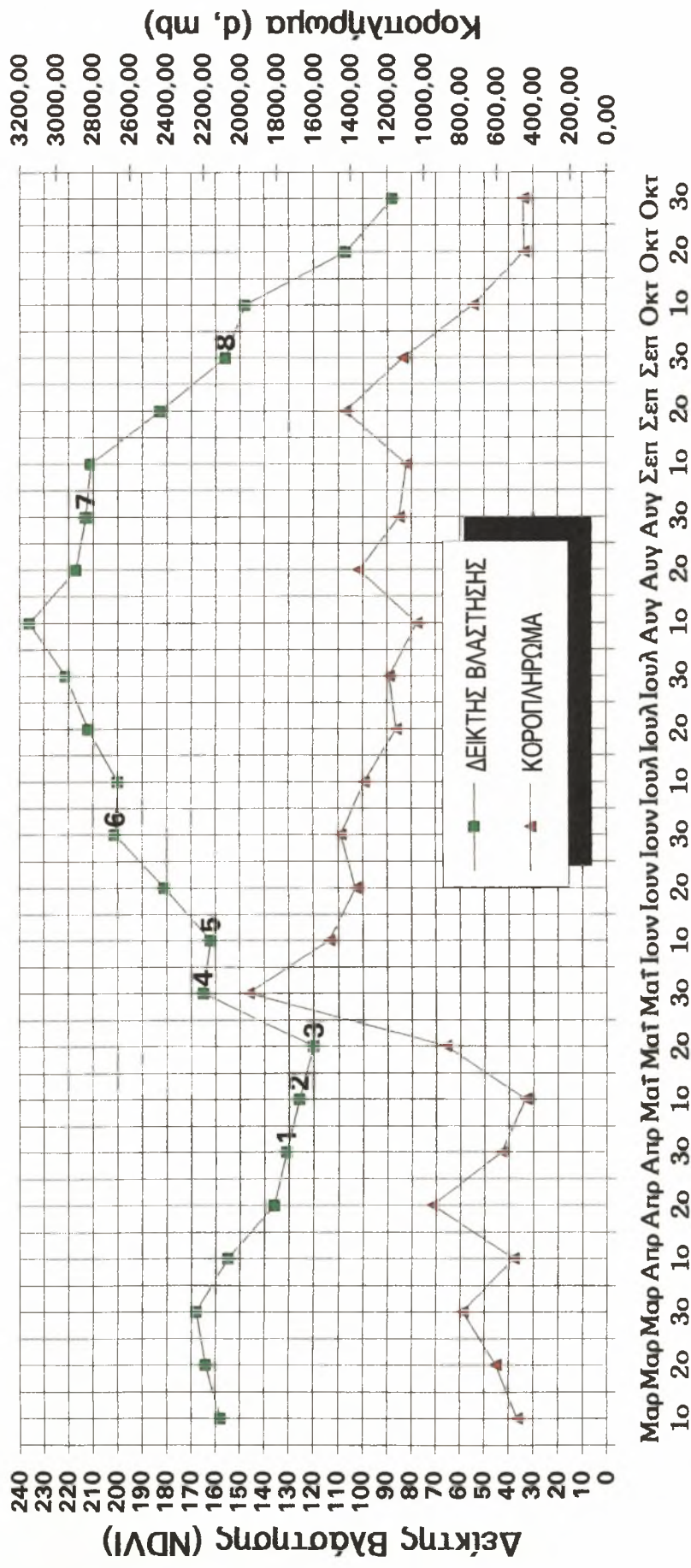
Σχήμα Π4.3: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αποτελεσματικής Φωτοθερμοκρασίας Σταθμού Καρδίτσας για Καλλιέργεια Βαμβακιού 1994



Μαρ Μαρ Απρ Απρ Μαι Μαι Ιουν Ιουν Ιουλ Ιουλ Αύγ Αύγ Σεπ Σεπ Οκτ Οκτ
10 20 30 10 20 30 10 20 30 10 20 30 10 20 30 10 20 30

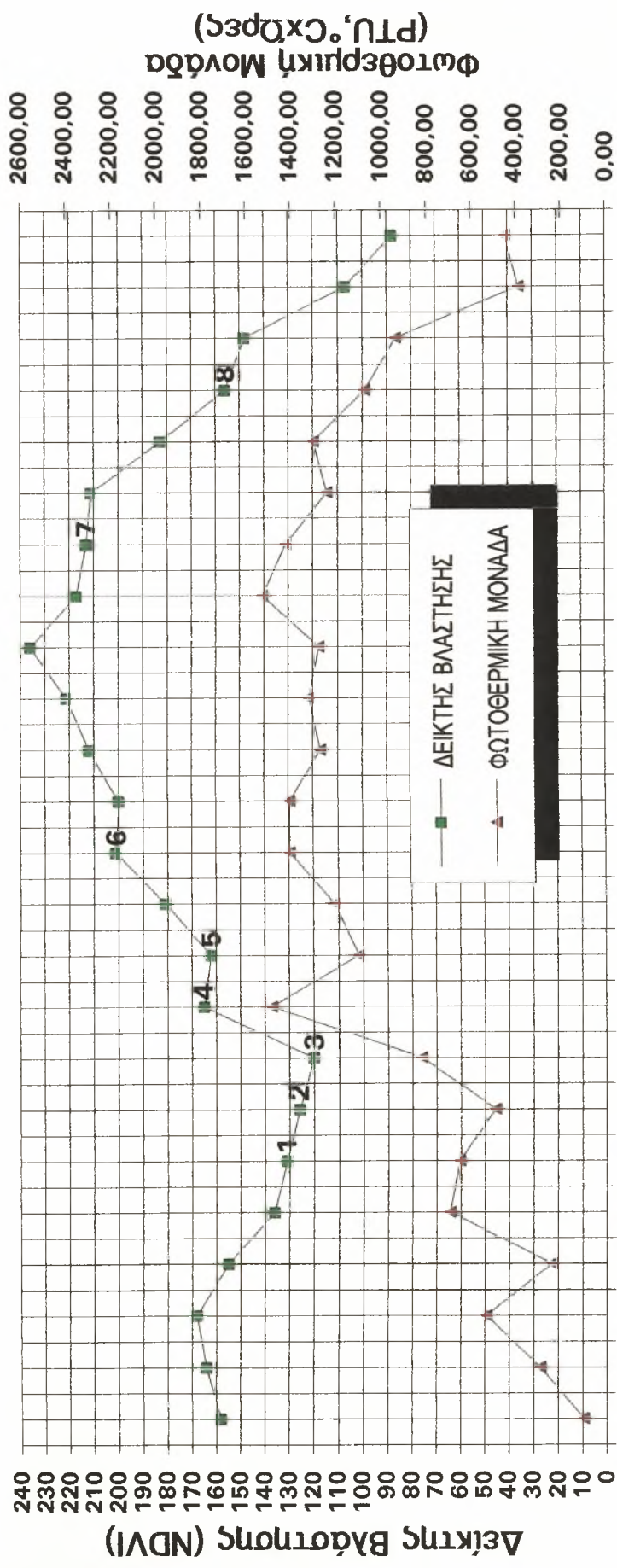
Δεκαήμερα 1994

Σχήμα Π4.5: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Κοροπληρώματος Σταθμού Παλαμά για Καλλιέργεια Βαμβακιού 1994



Δεκαήμερα 1994

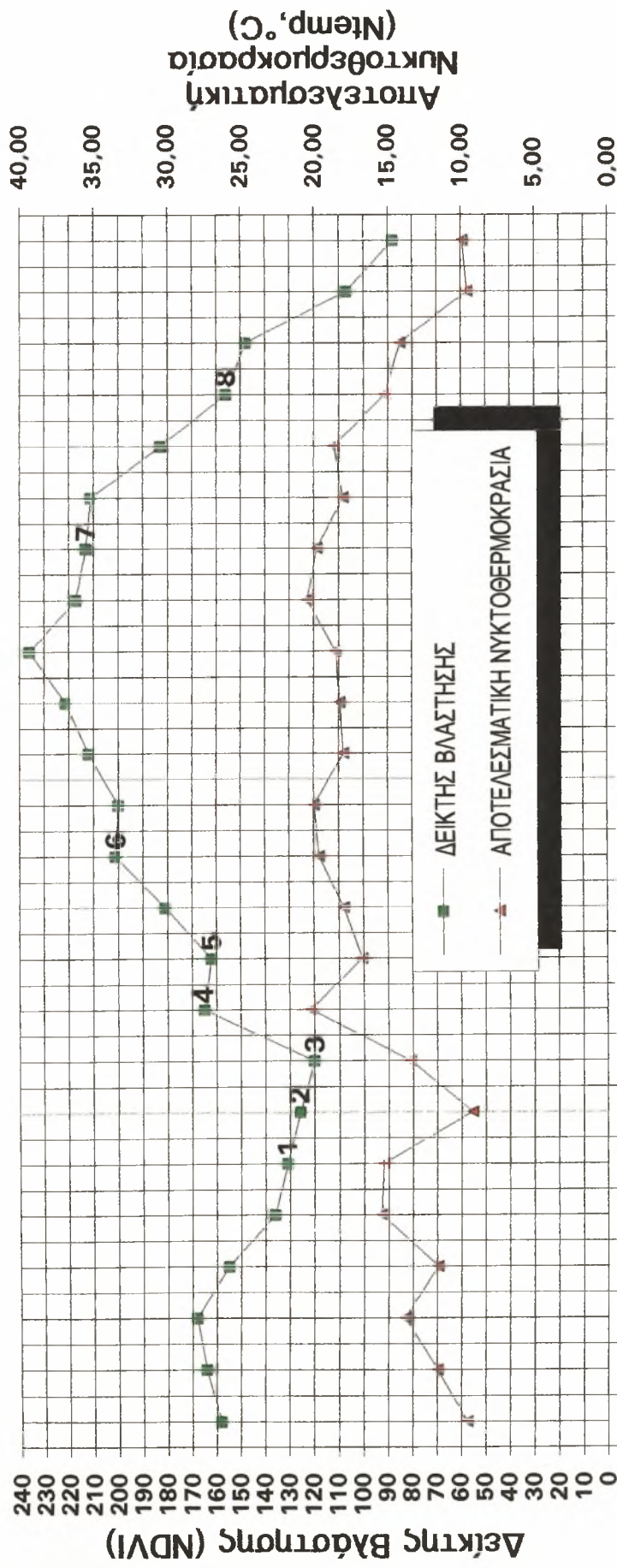
Σχήμα Π4.6: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Φωτοθερμικής Μονάδας
 Σταθμού Παλαμά για Καλλιέργεια Βαμβακιού 1994



Μαρ Μαρ Απρ Απρ Μαϊ Μαϊ Ιουν Ιουν Ιουλ Ιουλ Αυγ Αυγ Σεπ Σεπ Οκτ Οκτ
 10 20 30 10 20 30 10 20 30 10 20 30 10 20 30 10 20 30

Δεκαήμερα 1994

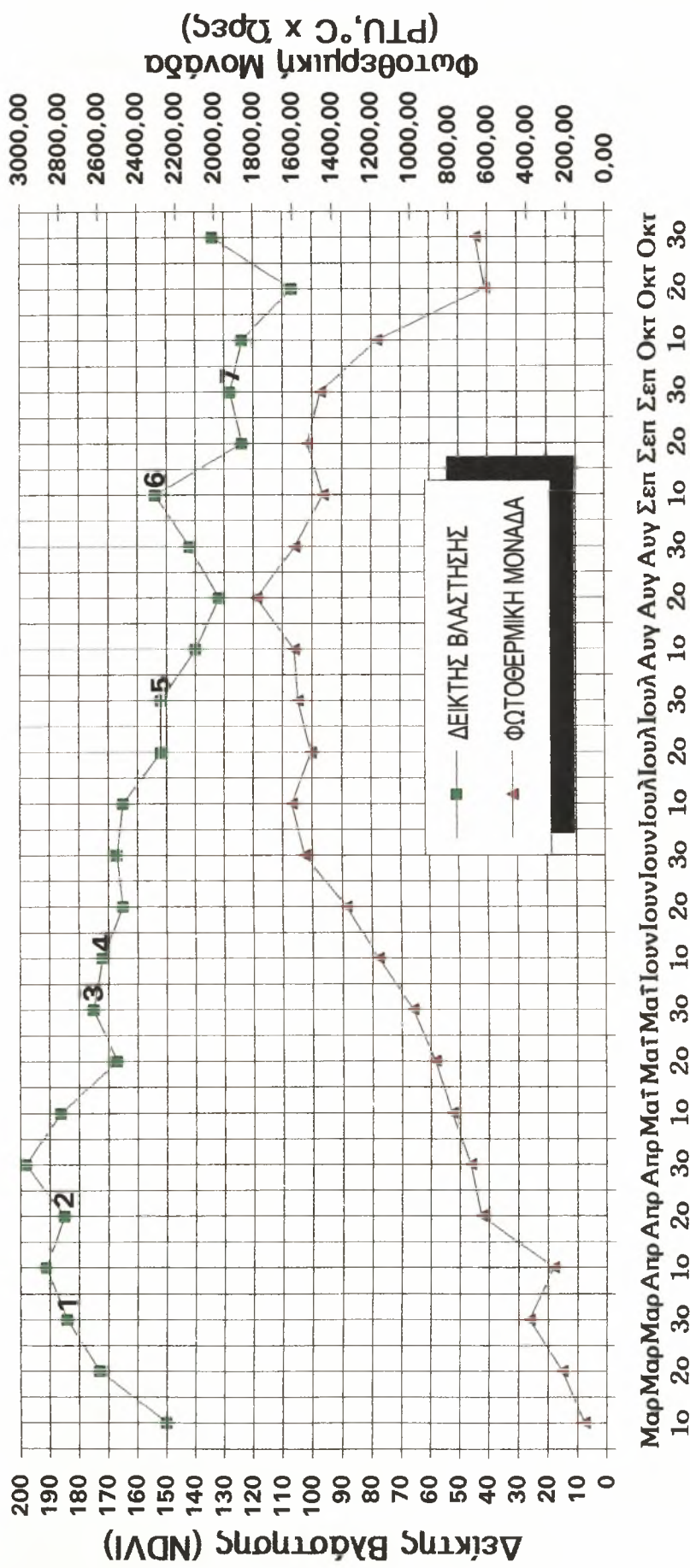
Σχήμα Π4.8: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αποτελεσματικής Νυκτοθερμοκρασίας Σταθμού Παλαμά για Καλλιέργεια Βαμβακιού 1994



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π5

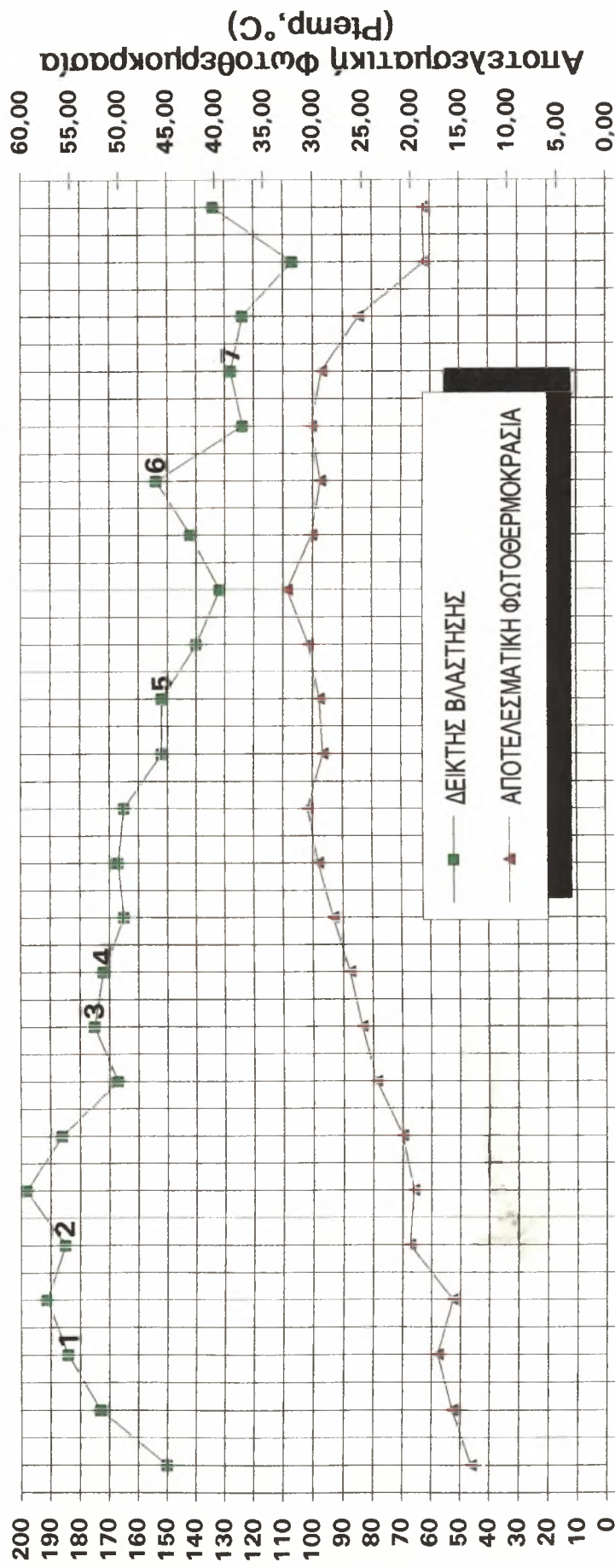
Διαγράμματα Συμμεταβολής Αμπέλου

Σχήμα Π5.1: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Φωτοθερμικής Μονάδας Σταθμού Τυρνάβου για Καλλιέργεια Αμπελιού 1994



Δεκαήμερα 1994

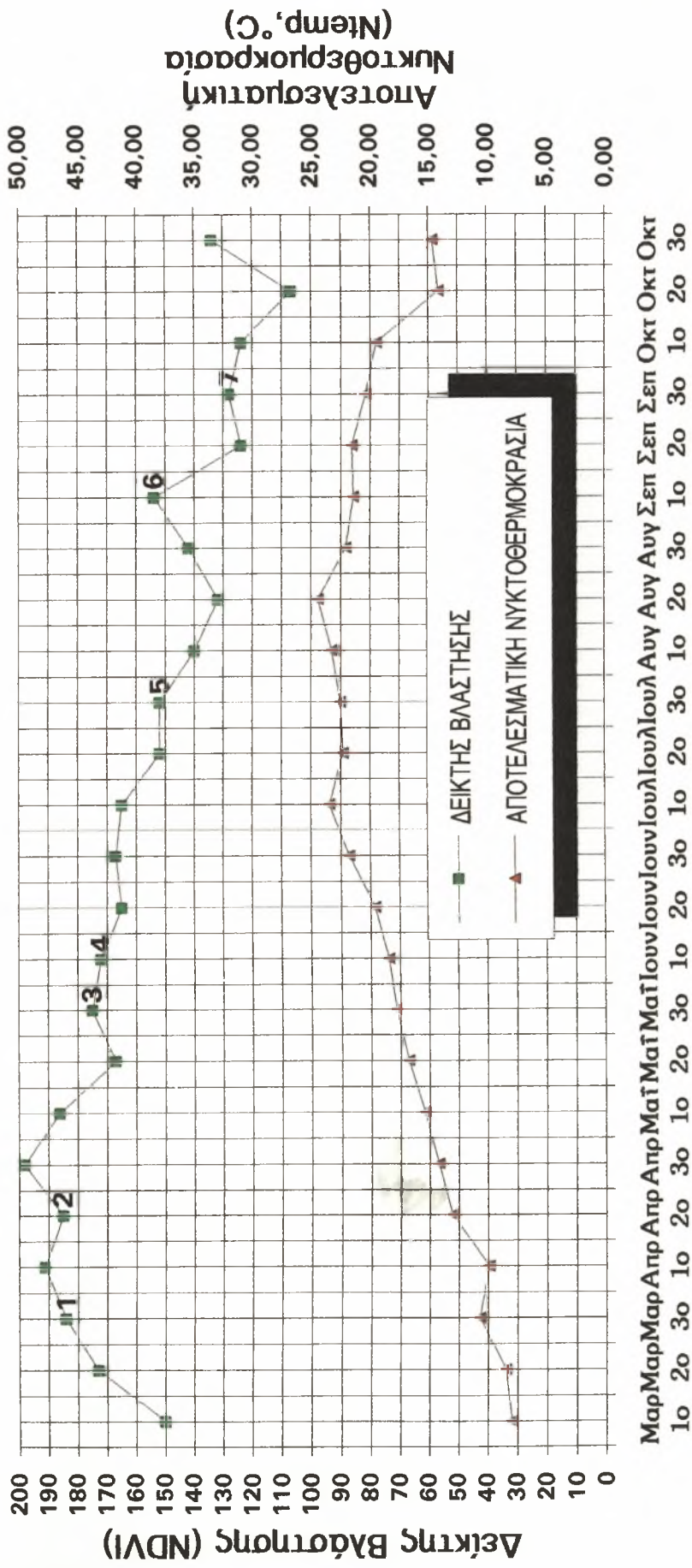
Σχήμα Π5.2: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αποτελεσματικής Φωτοθερμοκρασίας Σταθμού Τυρνάβου για Καλλιέργεια Αμπελιού 1994



Μαρ Μαρ Απρ Απρ Απρ Μαΐ Μαΐ Μαΐ Ιουν Ιουν Ιουν Ιουλ Ιουλ Ιουλ Ιουλ Αυγ Αυγ Αυγ Σεπ Σεπ Σεπ Οκτ Οκτ Οκτ
1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο

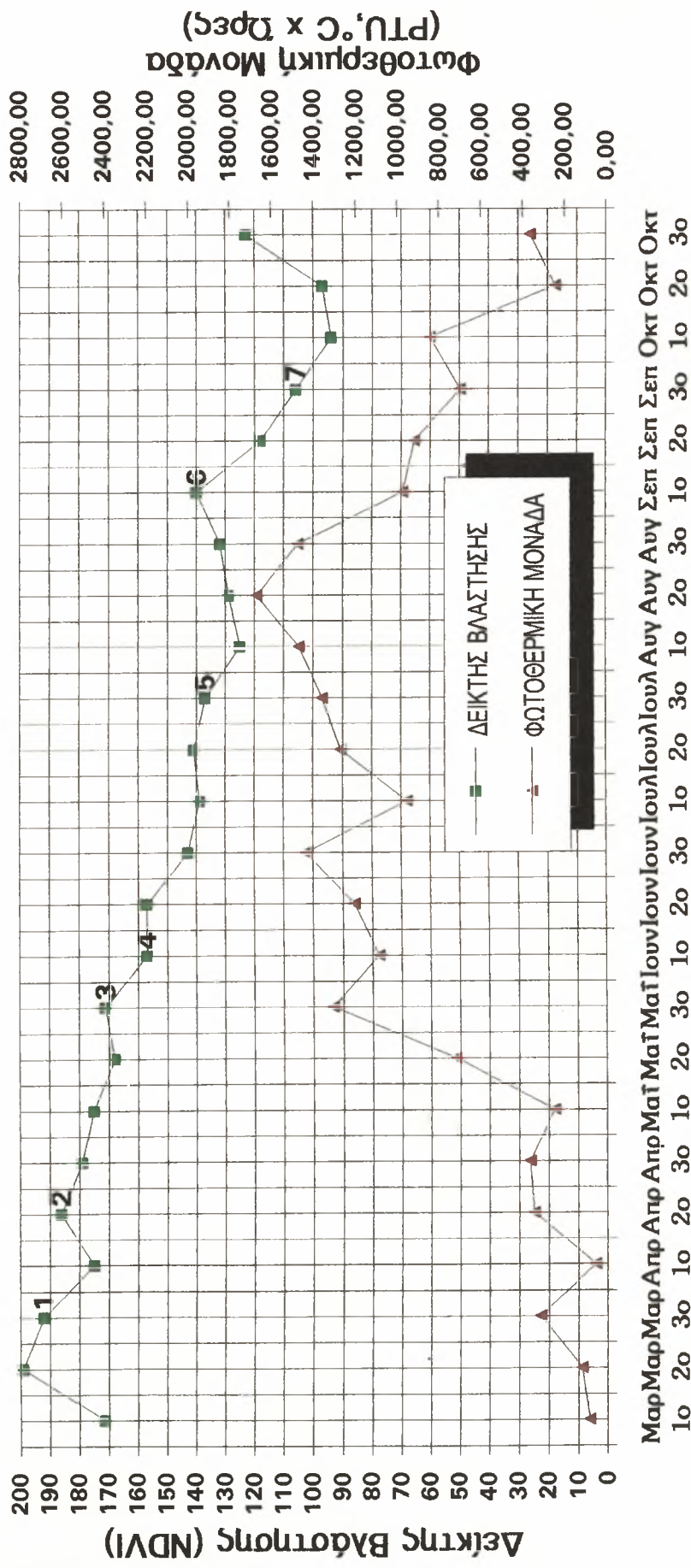
Δεκαήμερα 1994

Σχήμα Π5.3: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αποτελεσματικής Νυκτοθερμοκρασίας Σταθμού Τυρνάβου για Καλλιέργεια Αμπελιού 1994



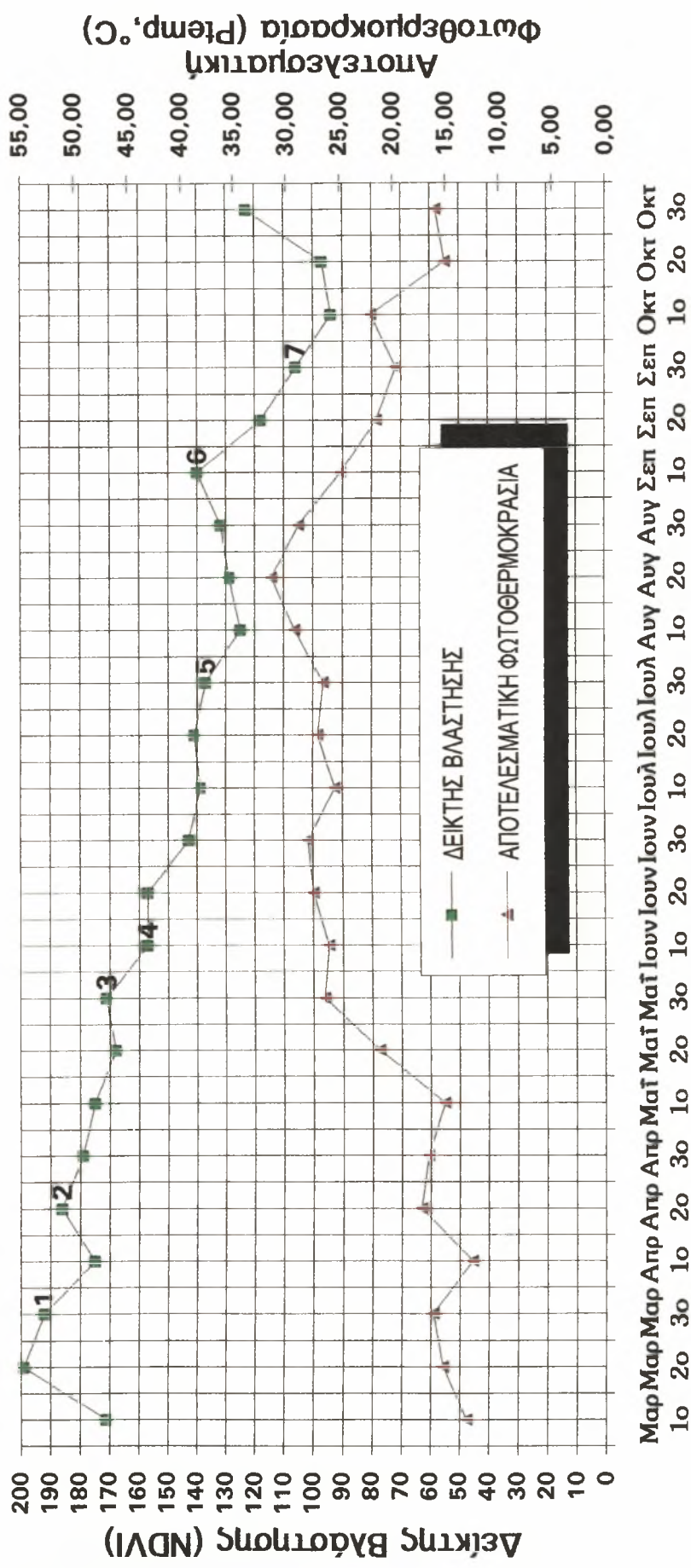
Δεκαήμερα 1994

Σχήμα Π5.4: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Φωτοθερμικής Μονάδας Σταθμού Τσαριτσάνης για Καλλιέργεια Αμπελιού 1994



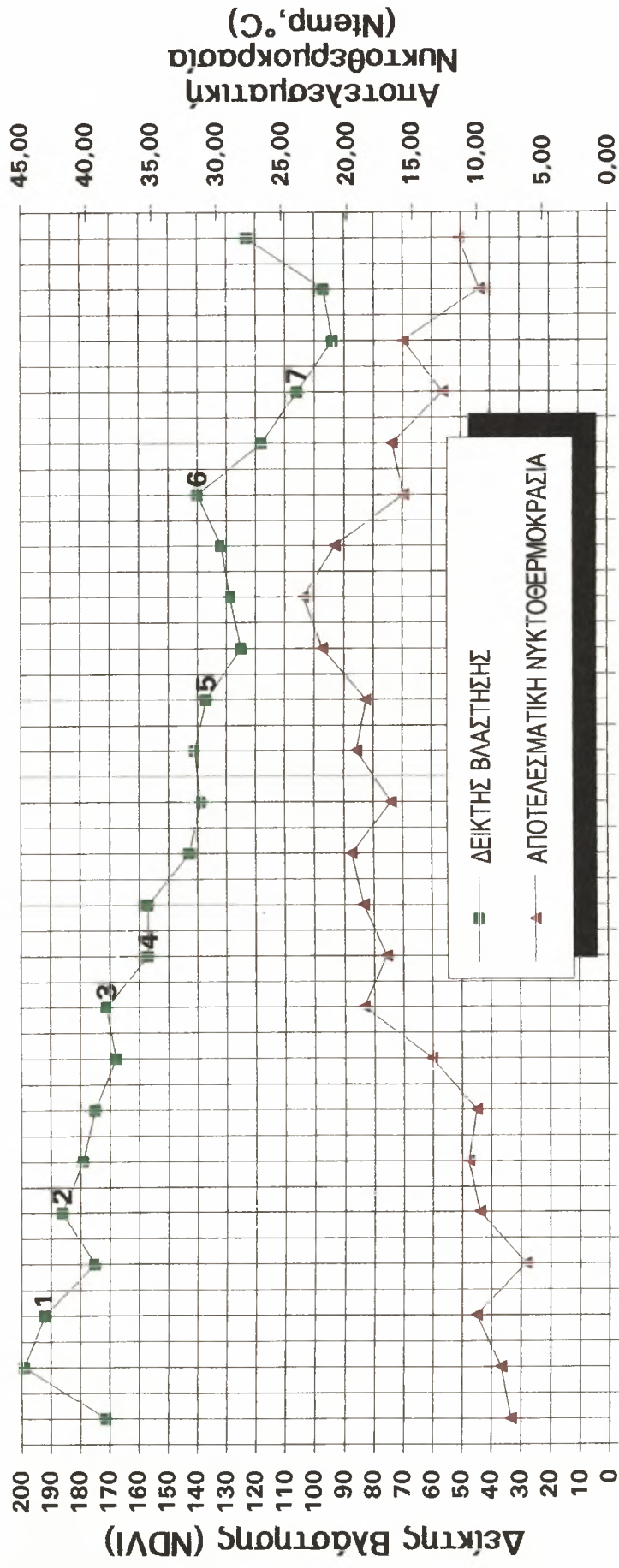
Δεκαήμερα 1994

Σχήμα Π5.5: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αποτελεσματικής Φωτοθερμοκρασίας Σταθμού Τσαριτσάνης για Καλλιέργεια Αμπελιού 1994



Δεκαήμερα 1994

Σχήμα Π5.6: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αποτελεσματικής Νυκτοθερμοκρασίας Σταθμού Τσαρισιάνης για Καλλιέργεια Αμπελιού 1994



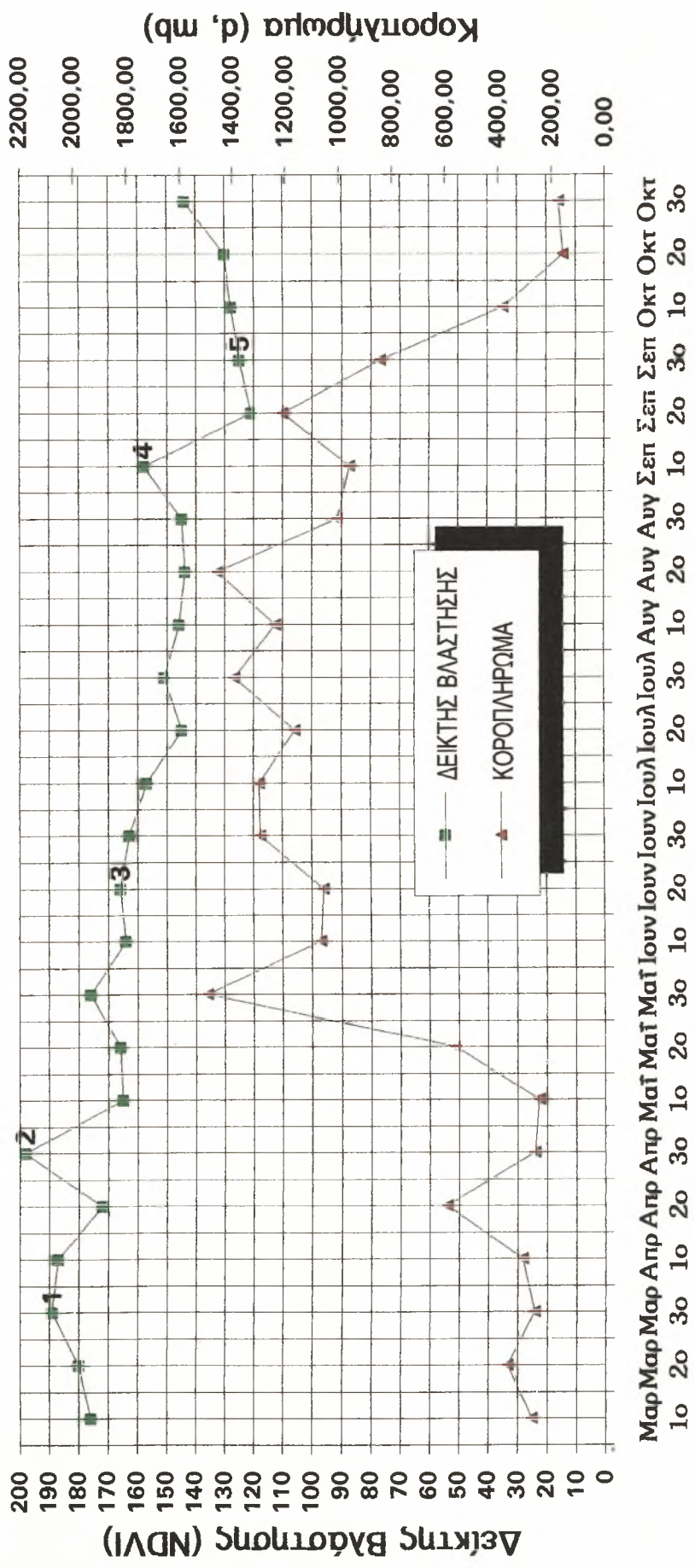
Μαρ Μαρ Απρ Απρ Μαΐ Μαΐ Ιουν Ιουν Ιουλ Ιουλ Αυγ Αυγ Σεπ Σεπ Οκτ Οκτ
 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο

Δεκαήμερα 1994

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π6

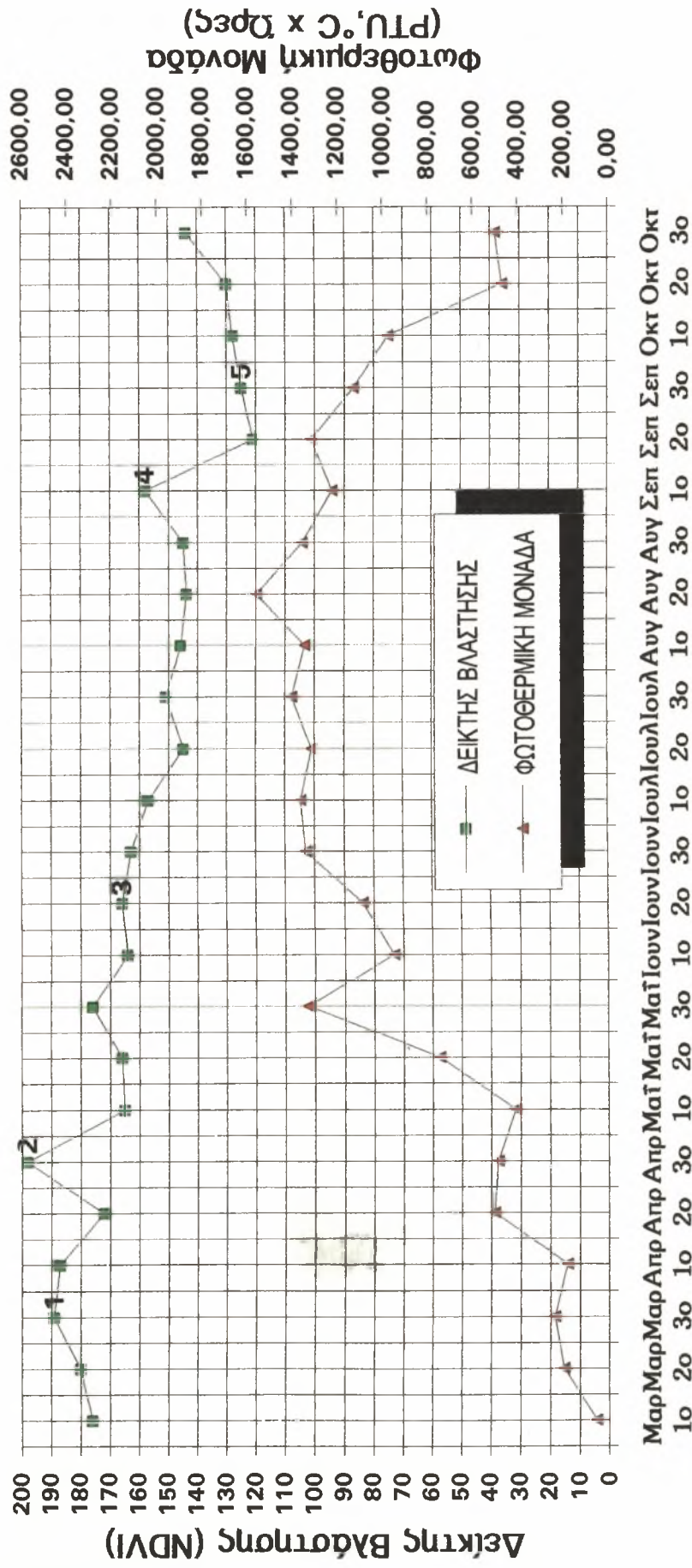
Διαγράμματα Συμμεταβολής Μήλων

Σχήμα Π6.1: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Κοροπληρώματος Σταθμού Αγιάς για Καλλιέργεια Μήλων 1994

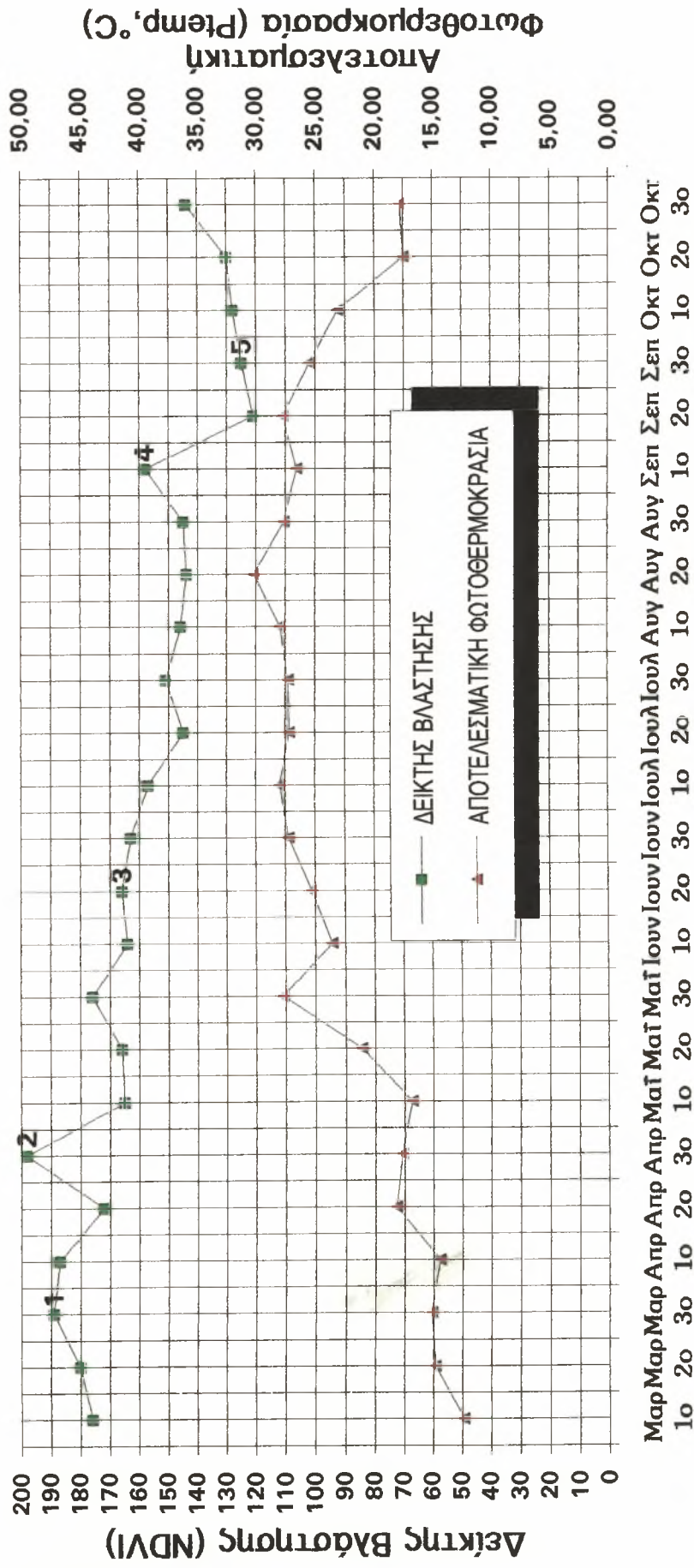


Δεκαήμερα 1994

Σχήμα Π6.2: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Φωτοθερμικής Μονάδας Σταθμού Αγιάς για Καλλιέργεια Μήλων 1994

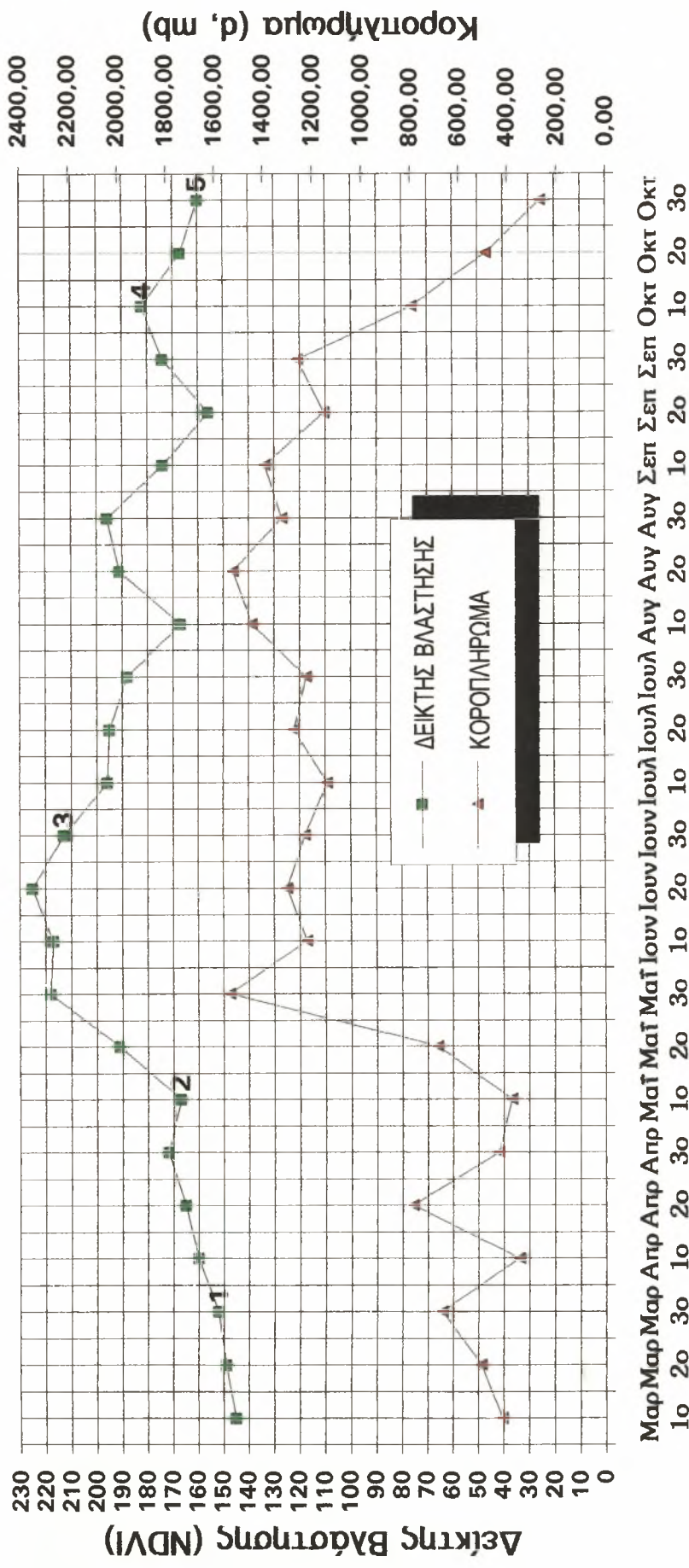


Σχήμα Π6.3: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αποτελεσματικής Φωτοθερμοκρασίας Σταθμού Αγίας για Καλλιέργεια Μήλων 1994



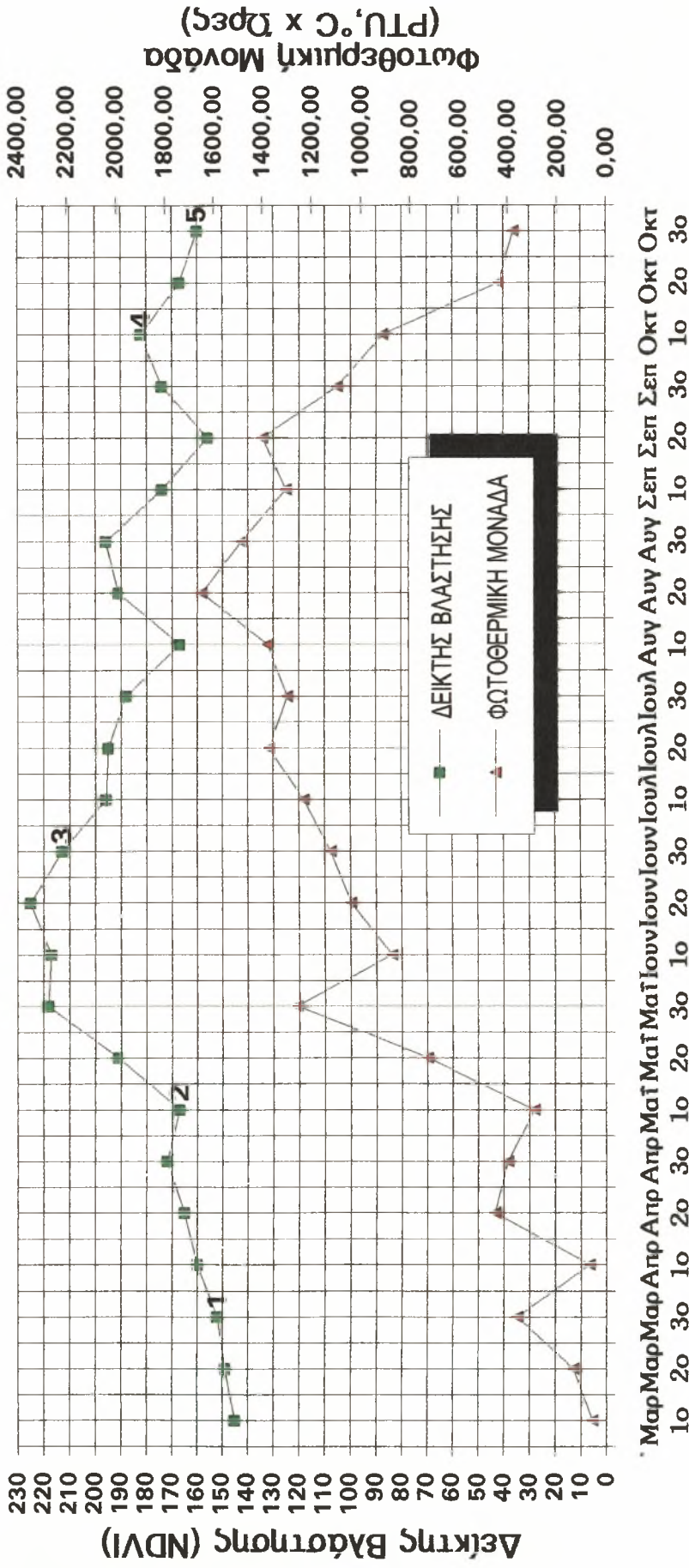
Δεκαήμερα 1994

Σχήμα Π6.5: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Κοροπληρώματος Σταθμού Καλαμπάκας για Καλλιέργεια Μήλων 1994



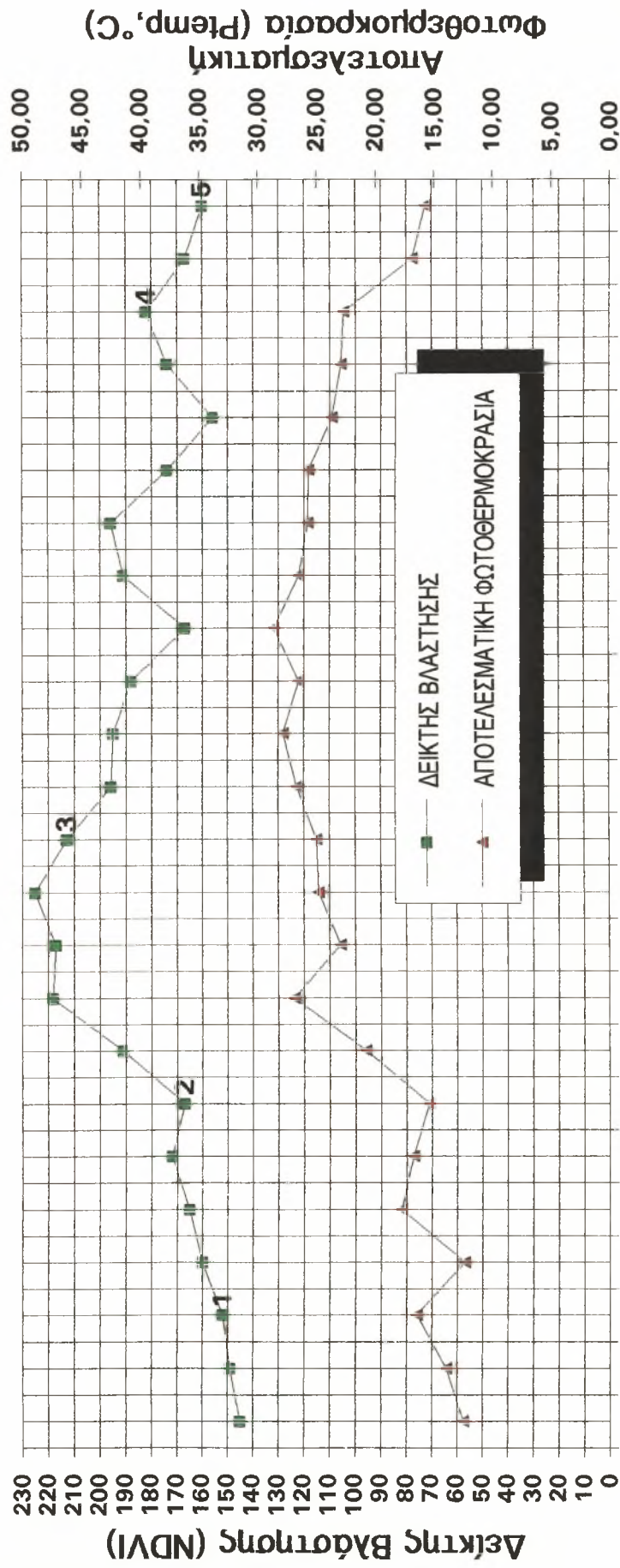
Δεκαήμερα 1994

Σχήμα Π6.6: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Φωτοθερμικής Μονάδας Σταθμού Καλαμπάκας για Καλλιέργεια Μήλων 1994



Δεκαήμερα 1994

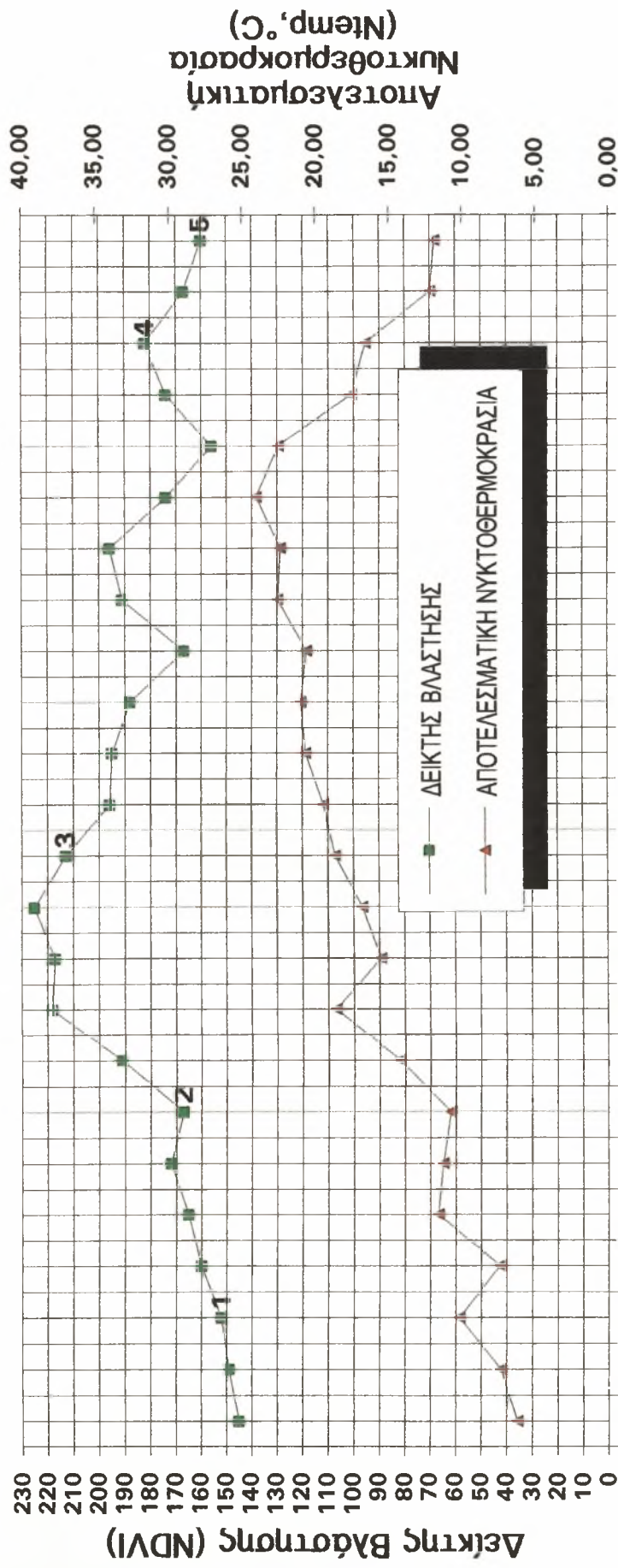
Σχήμα Π6.7: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αποτελεσματικής Φωτοθερμοκρασίας Σταθμού Καλαμπάκας για Καλλιέργεια Μήλων 1994



Μαρ Μαρ Μαρ Απρ Απρ Απρ Μαϊ Μαϊ Μαϊ Ιουν Ιουν Ιουν Ιουλ Ιουλ Ιουλ Αυγ Αυγ Αυγ Σεπ Σεπ Σεπ Οκτ Οκτ Οκτ
1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο

Δεκαήμερα 1994

Σχήμα Π6.8: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αποτελεσματικής Νυκτοθερμοκρασίας Σταθμού Καλαμπάκας για Καλλιέργεια Μήλων 1994



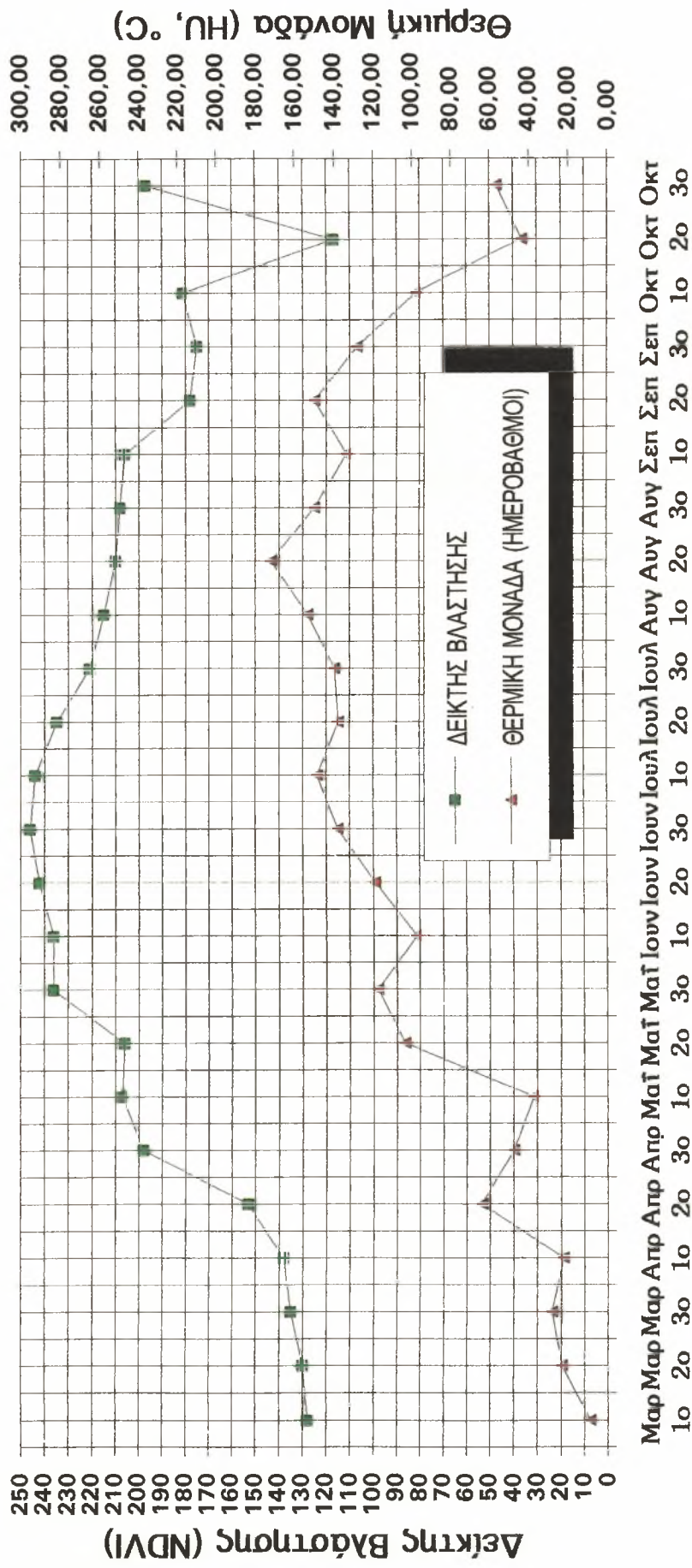
Μαρ Μαρ Απρ Απρ Μαΐ Μαΐ Ιουν Ιουν Ιουλ Ιουλ Αυγ Αυγ Σεπ Σεπ Οκτ Οκτ
 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο

Δεκαήμερα 1994

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π7

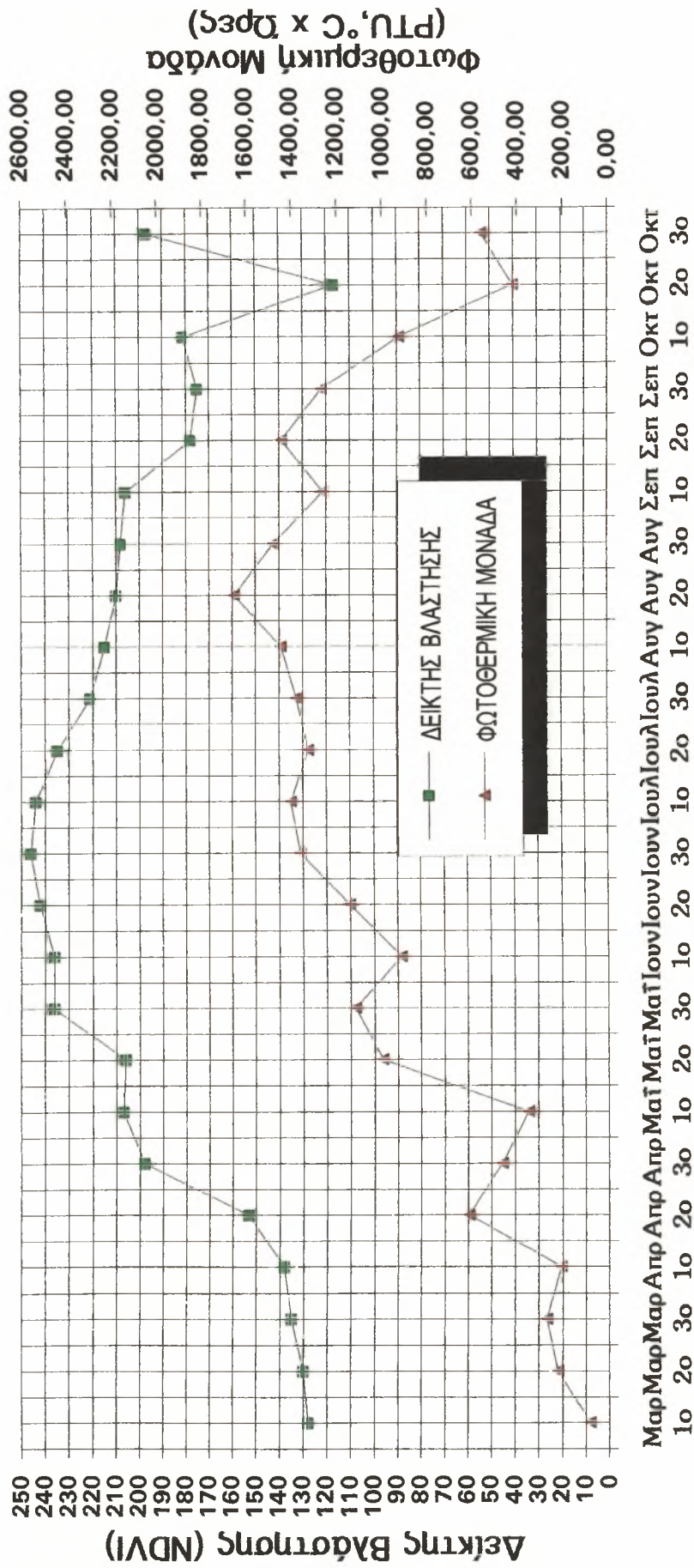
**Διαγράμματα Συμμεταβολής Σύνθετης
Βλάστησης**

Σχήμα Π7.1: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Θερμικής Μονάδας Σταθμού Ζαγοράς για το 1994



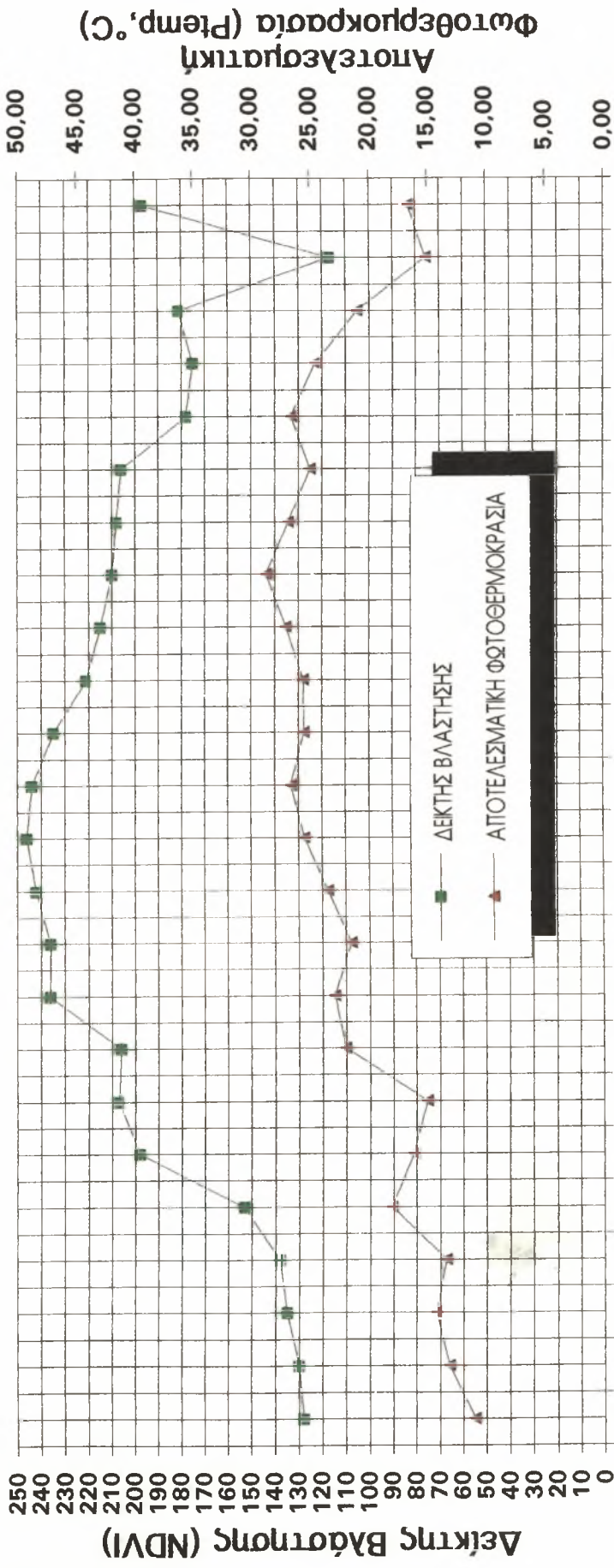
Δεκαήμερα 1994

Σχήμα Π7.3: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Φωτοθερμικής Μονάδας Σταθμού Ζαγοράς για το 1994



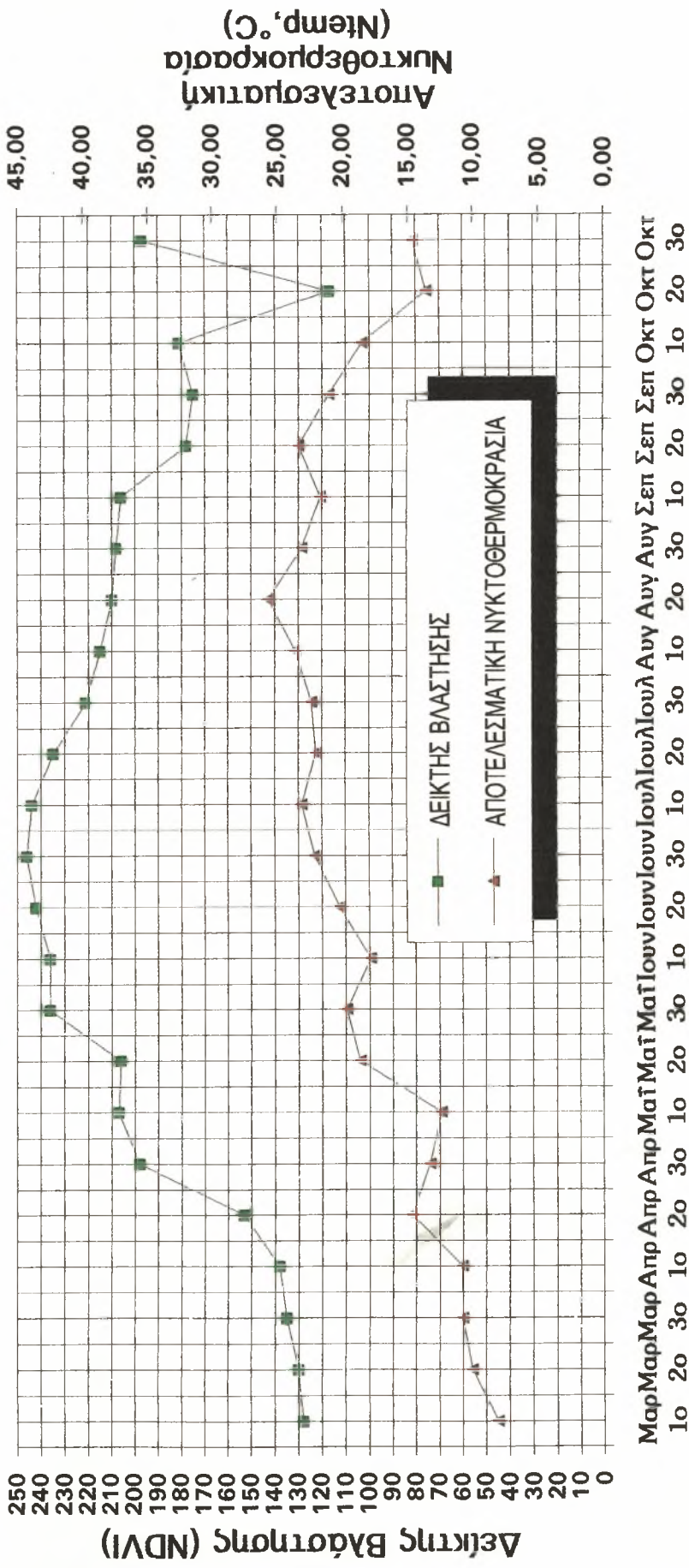
Δεκαήμερα 1994

Σχήμα Π7.4: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αποτελεσματικής Φωτοθερμοκρασίας Σταθμού Ζαγοράς για το 1994



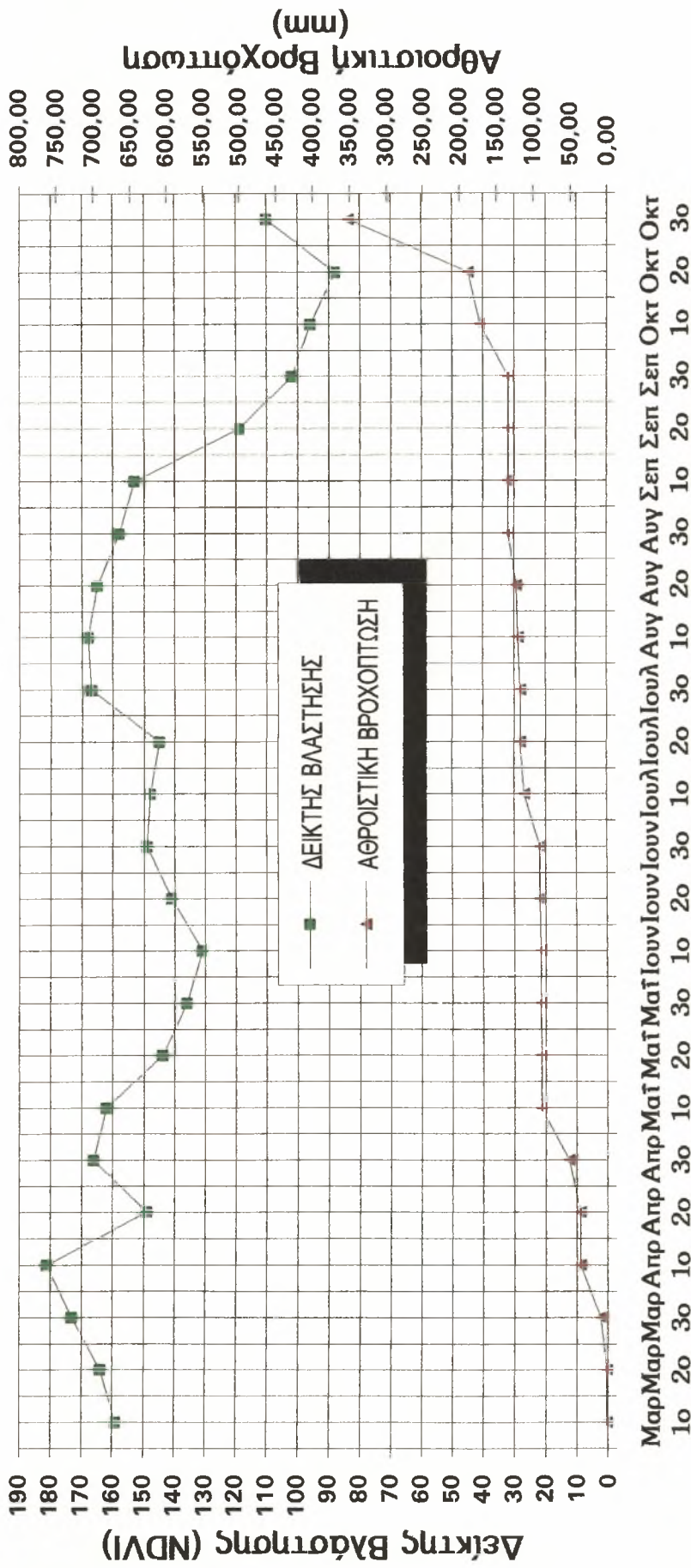
Μαρ Μαρ Μαρ Απρ Απρ Απρ Μαϊ Μαϊ Μαϊ Ιουν Ιουν Ιουν Ιουλ Ιουλ Ιουλ Αυγ Αυγ Αυγ Σεπ Σεπ Σεπ Οκτ Οκτ Οκτ
 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο 1ο 2ο 3ο
 Δεκαήμερο 1994

Σχήμα Π7.5: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αποτελεσματικής Νυκτοθερμοκρασίας Σταθμού Ζαγοράς για το 1994



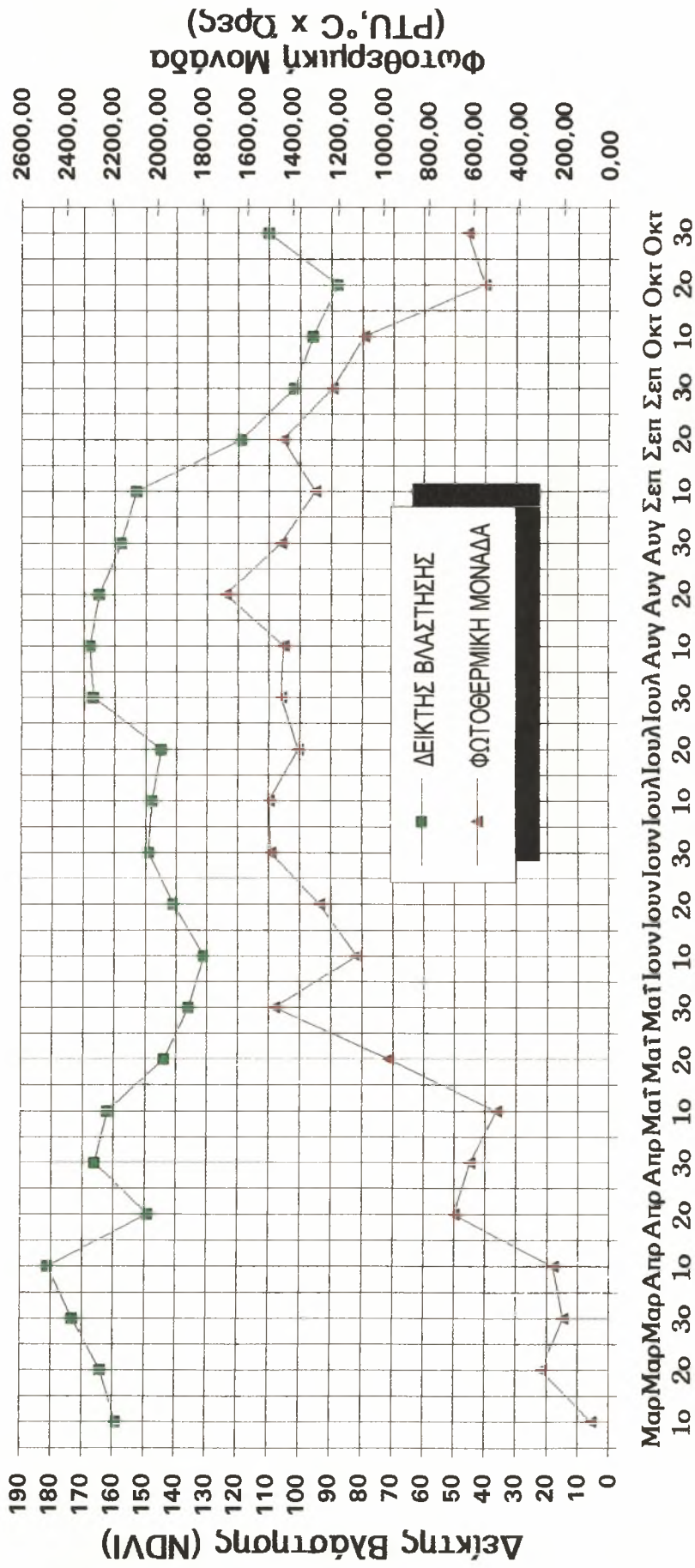
Δεκαήμερα 1994

Σχήμα Π7.6: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αθροιστικής Βροχόπτωσης Σταθμού Βελεστίου για το 1994



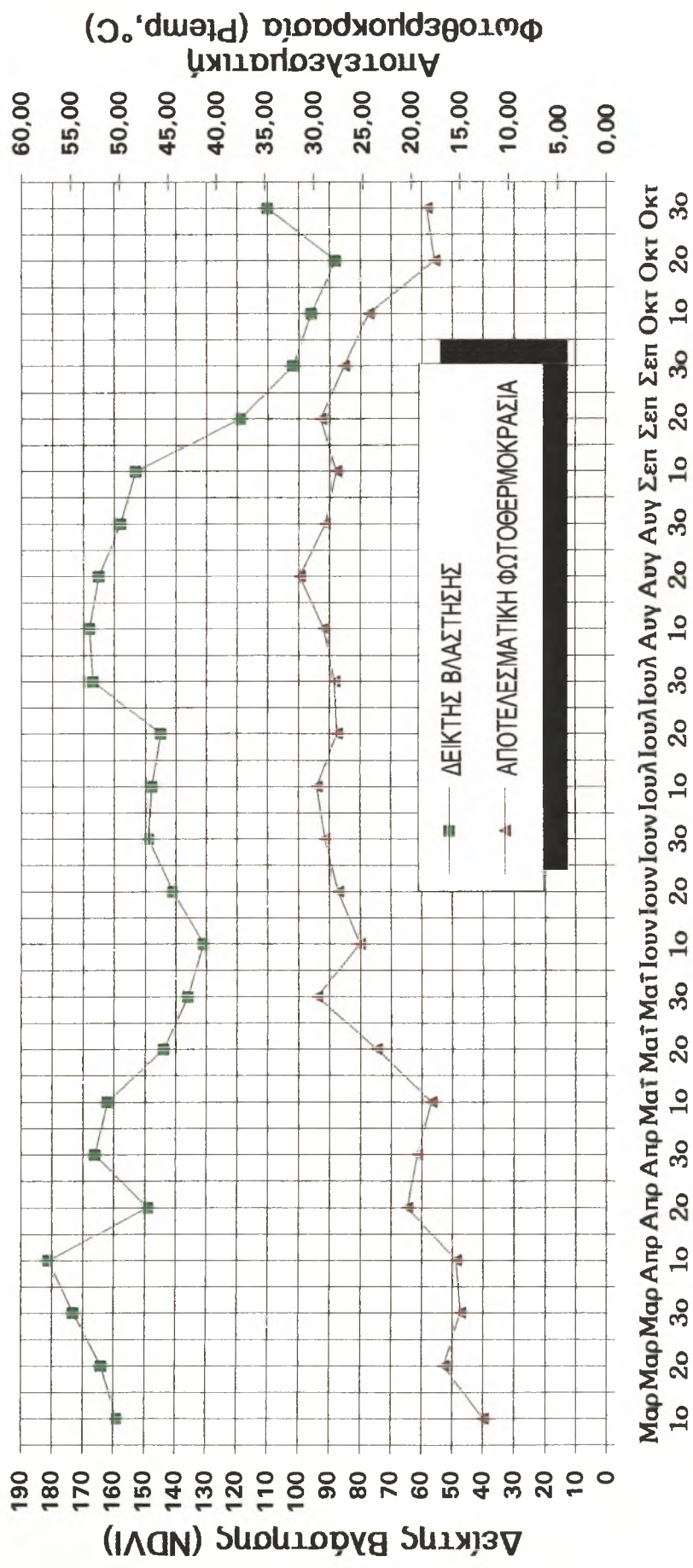
Δεκαήμερα 1994

Σχήμα Π7.8: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Φωτοθερμικής Μονάδας Σταθμού Βελεστίου για το 1994



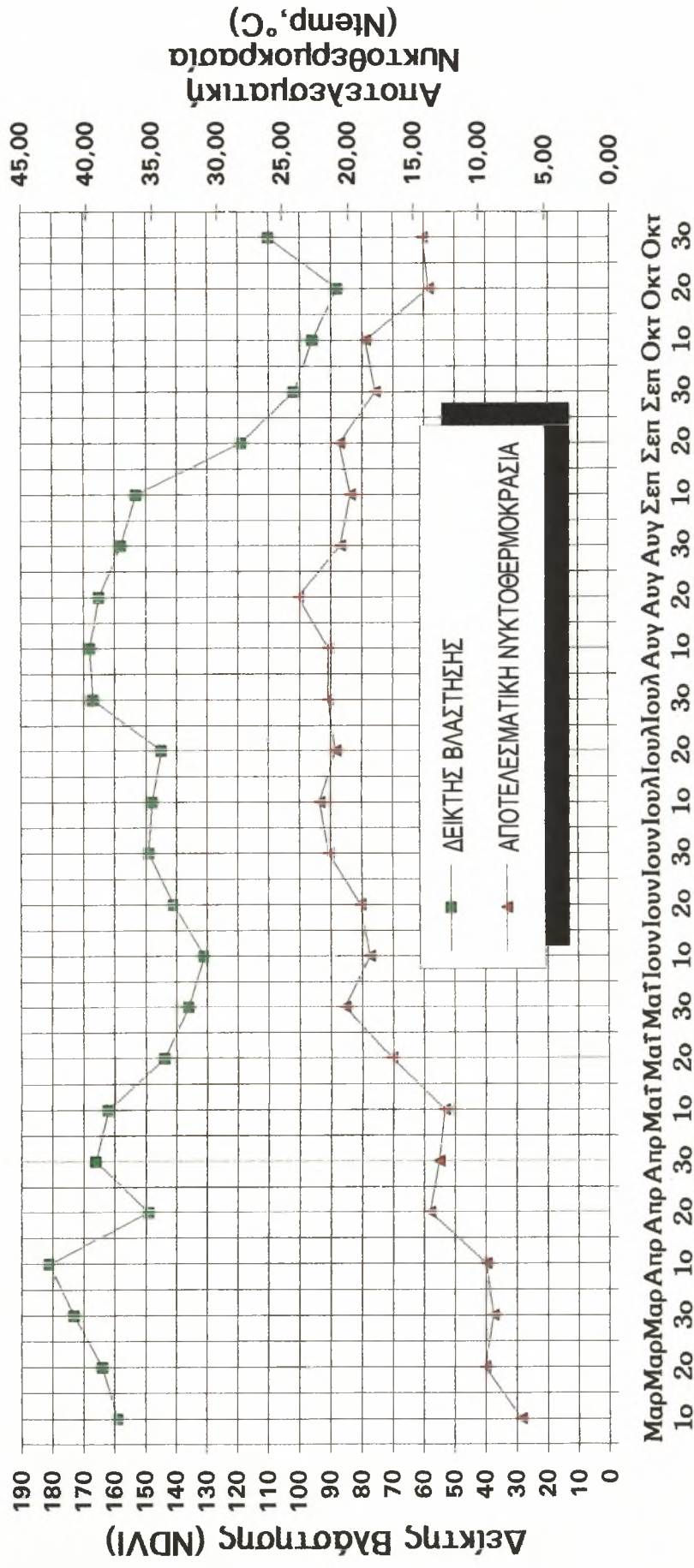
Δεκαήμερα 1994

Σχήμα Π7.9: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αποτελεσματικής Φωτοθερμοκρασίας Σατμού Βελεσίνου για το 1994



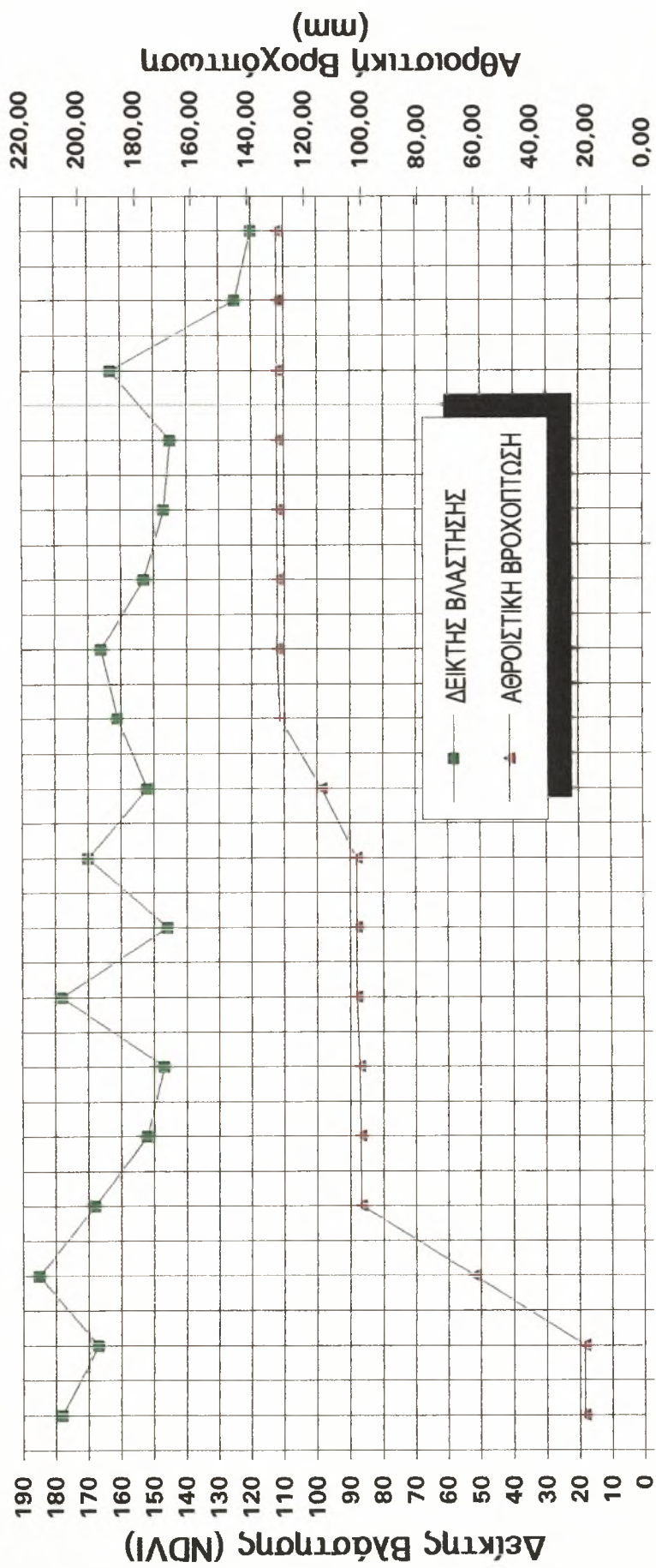
Δεκαήμερα 1994

Σχήμα Π7.10: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αποτελεσματικής Νυκτοθερμοκρασίας Σταθμού Βελεστίνου για το 1994



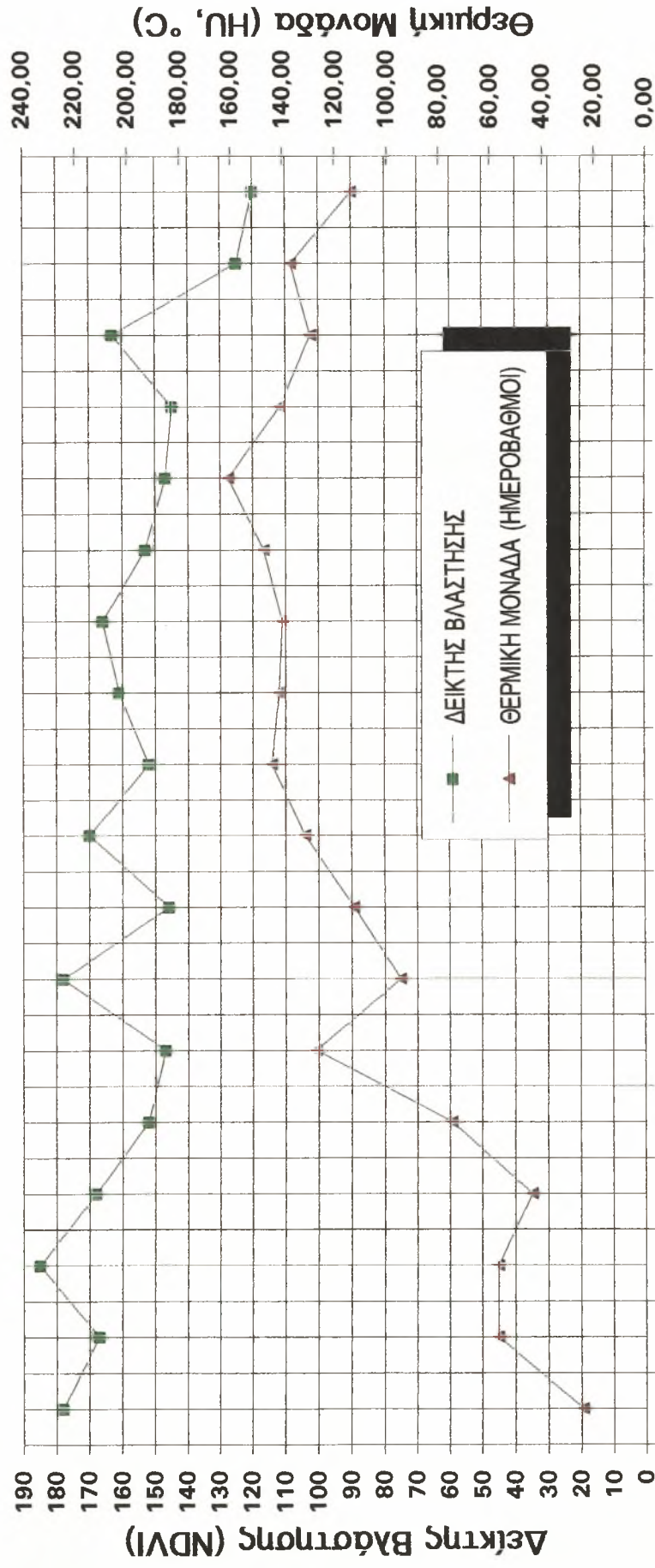
Δεκαήμερα 1994

Σχήμα Π7.11: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αθροιστικής Βροχοπτώσης Σταθμού Νέας Αγχιάλου για το 1994



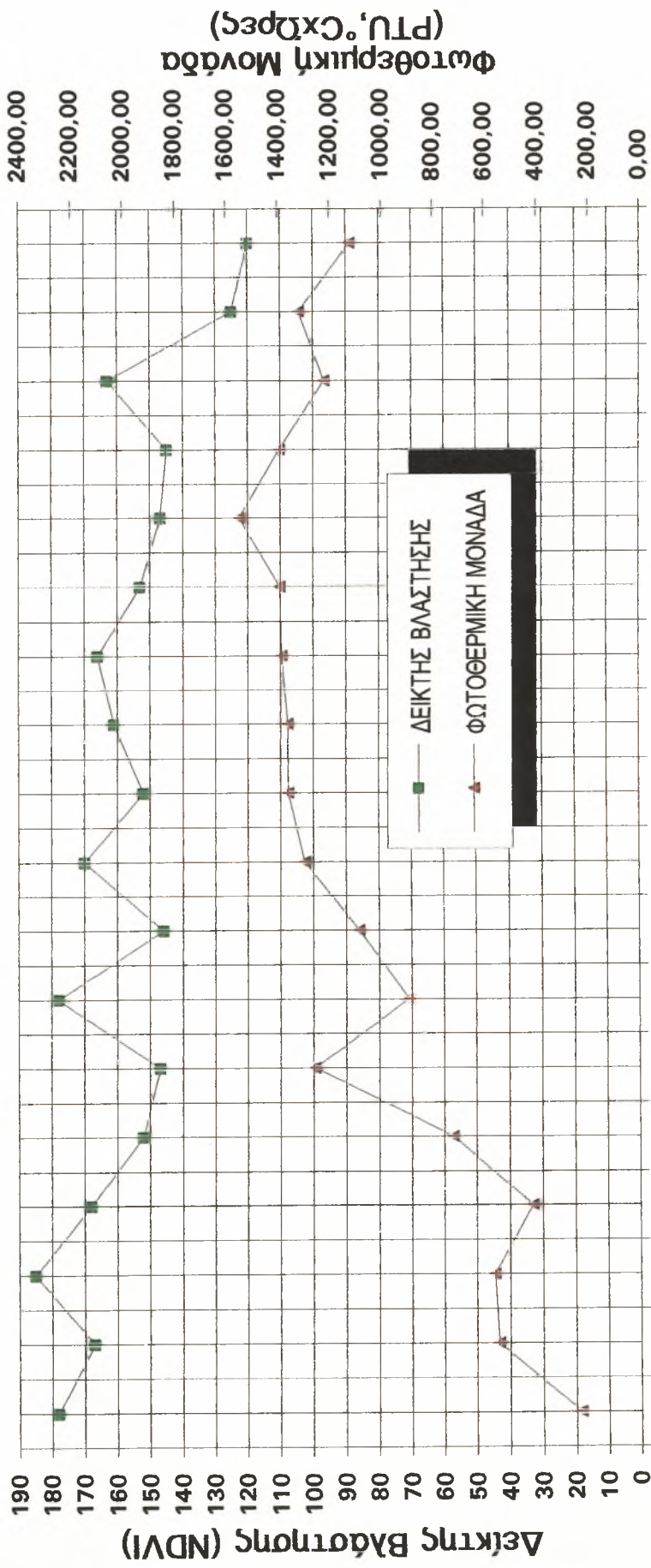
Απρ 10 Απρ 20 Απρ 30 Μαί 10 Μαί 20 Μαί 30 Ιουν 10 Ιουν 20 Ιουν 30 Ιουλ 10 Ιουλ 20 Ιουλ 30 Αυγ 10 Αυγ 20 Αυγ 30 Σεπ 10 Σεπ 20 Σεπ 30
 Δεκαήμερα 1994

Σχήμα Π7.12: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Θερμικής Μονάδας Σταθμού Νέας Αγχιάλου για το 1994



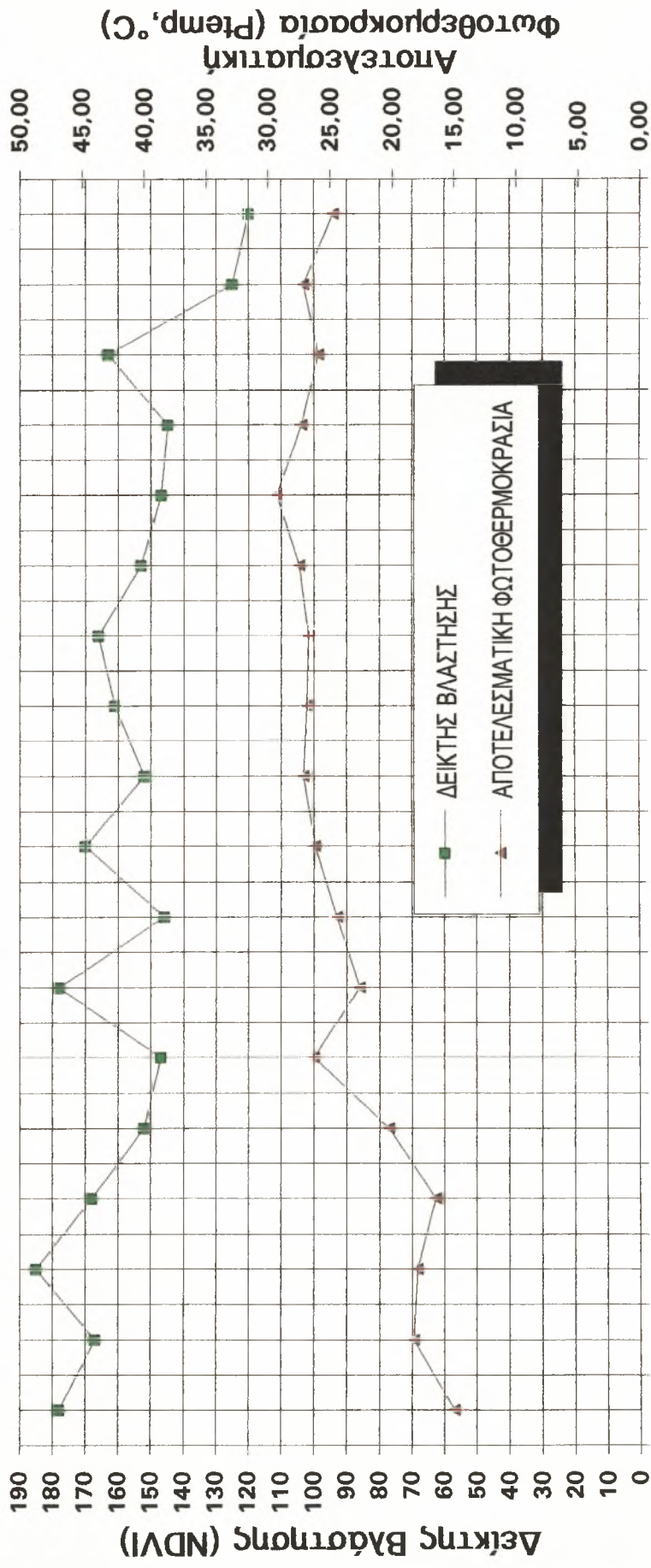
Απρίο Απρ3ο Απρ3ο Μαΐο Μαΐ3ο Μαΐ3ο Ιουνίο Ιουν2ο Ιουν3ο Ιουλίο Ιουλ2ο Ιουλ3ο Αυγίο Αυγ2ο Αυγ3ο Σεπ2ο Σεπ3ο
 Δεκαήμερα 1994

Σχήμα Π7.13: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Φωτοθερμικής Μονάδας Σταθμού Νέας Αγχιάλου για το 1994



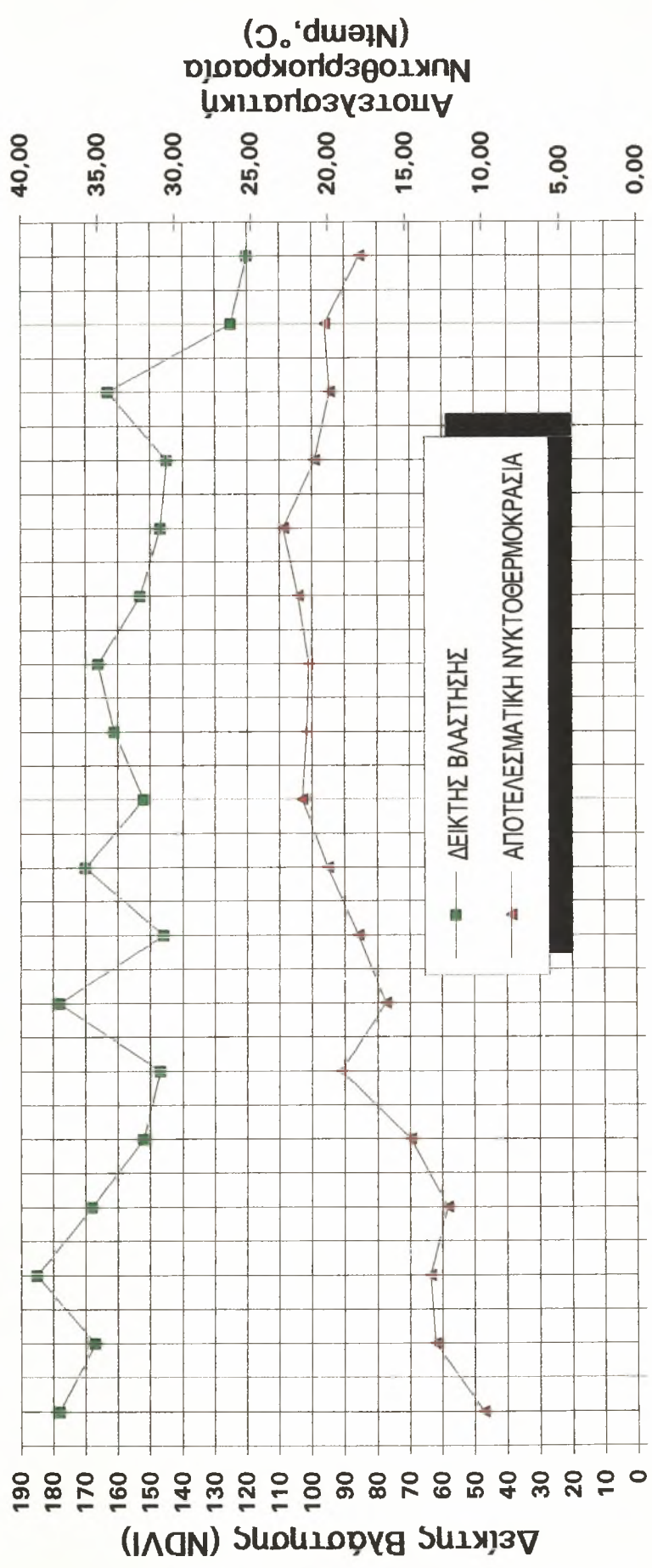
Απρίο Απρ2ο Απρ3ο Μαί1ο Μαί2ο Μαί3ο Ιουν1ο Ιουν2ο Ιουν3ο Ιουλ1ο Ιουλ2ο Ιουλ3ο Αυγ1ο Αυγ2ο Αυγ3ο Σεπ1ο Σεπ2ο Σεπ3ο
 Δεκαήμερα 1994

Σχήμα Π7.14: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αποτελεσματικής Φωτοθερμοκρασίας Σταθμού Νέας Αγχιάλου για το 1994



Απρίο Απρ2ο Απρ3ο Μαΐ1ο Μαΐ2ο Μαΐ3ο Ιουνίο Ιουν2ο Ιουν3ο Ιουλίο Ιουλ2ο Ιουλ3ο Αυγ1ο Αυγ2ο Αυγ3ο Σεπ1ο Σεπ2ο Σεπ3ο
 Δεκαήμερα 1994

Σχήμα Π7.15: Συμμεταβολή Δείκτη Βλάστησης και Αποτελεσματικής Νυκτοθερμοκρασίας Σταθμού Νέας Αγχιάλου για το 1994



Απρίο Απρ2ο Απρ3ο Μαΐο Μαΐ2ο Μαΐ3ο Ιουνίο Ιουν2ο Ιουν3ο Ιουλίο Ιουλ2ο Ιουλ3ο Αυγίο Αυγ2ο Αυγ3ο Σεπίο Σεπί2ο Σεπί3ο
 Δεκαήμερα 1994

