



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΑΕΚ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ  
75% ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ  
25% ΕΘΝΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ



**ΠΑΙΔΕΙΑ ΜΠΡΟΣΤΑ**  
2<sup>ο</sup> Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Εκπαίδευσης και Αρχικής  
Επαγγελματικής Κατάρτισης

## ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

### ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

#### ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

#### ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ

#### ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Περιοχική εκτίμηση βροχόπτωσης με τη χρήση Τηλεπισκόπησης και  
Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π)



ΓΑΛΑΚΟΥ ΕΙΡΗΝΗ

ΒΟΛΟΣ 2007

**Περιοχική εκτίμηση βροχόπτωσης με την χρήση Τηλεπισκόπησης και  
Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π)**

**Μέλη τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής**

1. Νικόλαος Ρ. Δαλέζιος, Καθηγητής, Αγρομετεωρολογία – Δορυφορική Μετεωρολογία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Επιβλέπων.
2. Μάριος Σαπουντζής, Λέκτορας, Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος.
3. Άρης Ψιλοβίκος, Λέκτορας, Διαχείριση Ποιότητας Υδάτων και Προσομοίωση, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος.

## Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο της ολοκλήρωσης των σπουδών μου στο Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω το Περιφερειακό Κέντρο Προστασίας Φυτών Βόλου για τη διάθεση των επίγειων δεδομένων που χρησιμοποίησα. Επίσης ευχαριστώ τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό για την αξιοποίηση μετεωρολογικών δορυφόρων (EUMETSAT), για τη διάθεση των δορυφορικών δεδομένων.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ απέναντι στον καθηγητή μου Νικόλαο Ρ. Δαλέζιο, που με την εμπειρία του και τις γνώσεις του έδωσε λύσεις στα προβλήματα που μου παρουσιάστηκαν κατά την διεξαγωγή της πτυχιακής μου εργασίας.

Νιώθω ευγνώμων απέναντι στον Δρ. Χρήστο Δομενικιώτη για τις ώρες έρευνας και εργασίας που διέθεσε για να με βοηθήσει, την ακούραστη υπομονή, επιμονή και υποστήριξή του, που οδήγησαν καταλυτικά στην ολοκλήρωση της εργασίας μου.

Η βοήθεια και το ενδιαφέρον των δύο μελών της τριμελούς επιτροπής, Λέκτορα Άρη Ψιλοβίκο και Λέκτορα Μάριο Σαπουντζή εκτιμάται ιδιαίτερα.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την ηθική και υλική υποστήριξή τους και την αδερφή μου για την συμπαράστασή της τα δύο αυτά χρόνια διαμονής μου στο Βόλο.

Ειρήνη Γαλάκου

## ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

- Πίνακας 2.1: Χρησιμοποιηθέντα δορυφορικά δεδομένα / έτος
- Πίνακας 2.2: Ενδεικτικές τιμές των συντελεστών a και b
- Πίνακας 2.3: Ενδεικτικός εντοπισμός ελάχιστης θερμοκρασίας νεφών ανά περιοχή
- Πίνακας 2.4: Ελάχιστη θερμοκρασία κορυφής νεφών με την αντίστοιχη λευκαύγεια
- Πίνακας 2.5: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους 0,8 -2,5mm
- Πίνακας 2.6: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους 2,6 – 7,5mm
- Πίνακας 2.7: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους >7.5mm
- Πίνακας 2.8: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας λευκαύγειας για όλες τις κλάσεις μεγέθους
- Πίνακας 2.9: Ελάχιστες τιμές νεφών και αντίστοιχες περιοχικές εκτάσεις βροχής
- Πίνακας 2.10: Περιοχική έκταση της βροχής με την αντίστοιχη λευκαύγεια
- Πίνακας 2.11: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής για κλάση μεγέθους 0,8 - 2,5mm
- Πίνακας 2.12: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής για κλάση μεγέθους 2,6 – 7,5mm
- Πίνακας 2.13: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής για κλάση μεγέθους >7,5mm
- Πίνακας 2.14: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής για όλες τις κλάσεις μεγέθους
- Πίνακας 2.15: Δεδομένα θερμοκρασίας νεφών με αντίστοιχη ανακλαστικότητα
- Πίνακας 2.16: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR

- Πίνακας 2.17: Δορυφορικά δεδομένα και δεδομένα RADAR για την διεξαγωγή εμπειρικών αλγορίθμων
- Πίνακας 2.18: Υπολογισμός της κορυφής της ηχώ (ETOP)
- Πίνακας 2.19: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR για διαφορετικά ύψη καταιγίδας
- Πίνακας 2.20: Ύψη υετού με αντίστοιχες ανακλαστικότητες
- Πίνακας 2.21: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας βροχόπτωσης
- Πίνακας 2.22: Σύνοψη αλληλουχίας εξισώσεων
- Πίνακας B.1: Χαρακτηριστικά του AVHRR
- Πίνακας B.2: Διάφορες προσεγγίσεις της σχέσης  $Z - R$  με βάση την περιοχή μελέτης
- Πίνακας B.3: Χαρακτηριστικά νεφών από εικόνες στην ορατή περιοχή του φάσματος
- Πίνακας 3.1: Τιμές μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής
- Πίνακας 3.2: Τιμές της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR
- Πίνακας 3.3: Αποτελέσματα συσχέτισης μετρηθείσας και εκτιμηθείσας βροχόπτωσης

## ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

- Εικόνα 1.1: Πολλές περιοχές του πλανήτη πλήττονται από ακραία καιρικά φαινόμενα
- Εικόνα 2.1: Μοντέλο μετατροπής 48 εικόνων σε μία εικόνα για την υπέρυθη περιοχή του φάσματος
- Εικόνα 2.2: Μοντέλο μετατροπής 18 εικόνων σε μία εικόνα για την ορατή περιοχή του φάσματος
- Εικόνα 2.3: Τυπική εικόνα METEOSAT της 20<sup>ης</sup> Μαΐου 1994
- Εικόνα 2.4: Οι θέσεις των σταθμών σε γεωμετρικά διορθωμένη εικόνα
- Εικόνα 2.5: (α) αρχική εικόνα METEOSAT και (β) γεωμετρικά διορθωμένη εικόνα
- Εικόνα 2.6: Μοντέλο υπολογισμού θερμοκρασίας
- Εικόνα 2.7: Τυπική εικόνα θερμοκρασίας που προέκυψε από θερμική εικόνα METEOSAT
- Εικόνα 2.8: Περιοχή μελέτης με τους σταθμούς που χρησιμοποιήθηκαν
- Εικόνα 2.9: Διάγραμμα συσχέτισης ελάχιστης θερμοκρασίας κορυφής νεφών με την λευκαύγεια
- Εικόνα 2.10: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους 0,8-2,5 mm
- Εικόνα 2.11: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους 2,6-7,5 mm
- Εικόνα 2.12: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους >7.5mm
- Εικόνα 2.13: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας για όλα τα ύψη βροχής
- Εικόνα 2.14: Διάγραμμα συσχέτισης θερμοκρασίας νεφών με την περιοχική έκταση της βροχής
- Εικόνα 2.15: Διάγραμμα συσχέτισης της περιοχικής έκτασης της βροχής με την λευκαύγεια
- Εικόνα 2.16: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής για κλάση μεγέθους 0,8-2,5 mm
- Εικόνα 2.17: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής για κλάση μεγέθους 2,6-7,5 mm
- Εικόνα 2.18: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής για

κλάση μεγέθους  $>7,5$  mm

- Εικόνα 2.19: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής για όλες τις κλάσεις μεγέθους
- Εικόνα 2.20: Συσχέτιση της θερμοκρασίας κορυφής των νεφών με την κορυφή της ηχώ του RADAR
- Εικόνα 2.21: Συσχέτιση της κορυφής της ηχώ του RADAR με την μέγιστη ανακλαστικότητα
- Εικόνα 2.22: Συσχέτιση ύψους βροχόπτωσης με αντίστοιχη ανακλαστικότητα
- Εικόνα 2.23: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας βροχόπτωσης
- Εικόνα Α.1: Οι καταιγίδες είναι ένα από τα πιο βίαια ατμοσφαιρικά φαινόμενα
- Εικόνα Α.2: Όταν ωριμάζει μια καταιγίδα προκαλεί σύννεφα τύπου σωρειτομελανιών που φέρνουν βροχή και δυνατό αέρα
- Εικόνα Α.3: Χάρτης καταιγίδας
- Εικόνα Β.1: Εκτόξευση του METEOSAT-1
- Εικόνα Β.2: Εκτόξευση του METEOSAT-2
- Εικόνα Β.3: Διάγραμμα πορείας των δορυφόρων METEOSAT
- Εικόνα Β.4: Εκτόξευση του δορυφόρου METEOSAT-7
- Εικόνα Β.5: Μετεωρολογικός δορυφόρος πολικής τροχιάς
- Εικόνα Β.6: Απεικόνιση της θερμοκρασίας των νεφών από τον METEOSAT 7 στις 15/1/06
- Εικόνα 3.1: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από ελάχιστη θερμοκρασία νεφών για κλάση μεγέθους 0.8-2.5 mm
- Εικόνα 3.2: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από την λευκαύγεια για κλάση μεγέθους 0.8-2.5 mm
- Εικόνα 3.3: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από ελάχιστη θερμοκρασία νεφών για κλάση μεγέθους 2.6-7.5 mm
- Εικόνα 3.4: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από την λευκαύγεια για κλάση μεγέθους 2.6-7.5 mm
- Εικόνα 3.5: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από ελάχιστη θερμοκρασία νεφών για κλάση μεγέθους  $>7.5$ mm
- Εικόνα 3.6: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από την λευκαύγεια για κλάση μεγέθους  $>7.5$ mm



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εκτίμηση της βροχόπτωσης είναι καθοριστικής σημασίας για την μελέτη των υδατικών πόρων μιας περιοχής διότι θεωρείται μία από τις σημαντικότερες συνιστώσες στον υδρολογικό κύκλο. Στόχος της παρούσας έρευνας είναι η εκτίμηση της περιοχικής βροχόπτωσης καθώς επίσης και η διερεύνηση της περιοχικής έκτασης μιας βροχής με αποτέλεσμα την εξαγωγή εμπειρικών σχέσεων, οι οποίες δίνουν τη δυνατότητα εύρεσης της έκτασης των καταιγιδοφόρων νεφών σε μια περιοχή και την ανακλαστικότητα πάνω από μια συγκεκριμένη περιοχή. Η χρονοσειρά των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της μεθοδολογίας αφορούσε στο χρονικό διάστημα τριών ετών, από 1998 έως και το 2000. Τα δεδομένα ήταν τιμές ύψους βροχής σε mm για τον μήνα Μάιο από επτά μετεωρολογικούς σταθμούς της Θεσσαλίας, καθώς και δορυφορικές εικόνες ανά μισή ώρα τόσο από την ορατή περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος όσο και από την υπέρυθρη περιοχή του δορυφόρου METEOSAT. Ο απώτερος σκοπός ήταν η επαλήθευση της ύπαρξης υετού πάνω από τους βροχομετρικούς σταθμούς της περιοχής μελέτης και σε συγκεκριμένες ημερομηνίες, στις οποίες οι τιμές ανακλαστικότητας της ορατής περιοχής του φάσματος, έδιναν τη δυνατότητα εύρεσης της ύπαρξης βροχόπτωσης ή χαλαζόπτωσης. Η χρήση της τεχνολογίας της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών ήταν καθοριστική για την επαλήθευση αυτή. Τα αποτελέσματα της έρευνας ήταν ικανοποιητικά προσφέροντας τη δυνατότητα γενίκευσης και εφαρμογής της μεθοδολογίας, σε άλλες περιοχές με διαφορετικές μετεωρολογικές συνθήκες.

<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b>	<b>Σελ.</b>
<b>1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	11
<b>2: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b>	
2.1. Βάση δεδομένων	16
2.2. Γεωμετρική διόρθωση	19
2.3. Υπολογισμός επιφανειακής θερμοκρασίας	20
2.4. Επεξεργασία επίγειων δεδομένων	23
2.5. Υπολογισμός της ελάχιστης θερμοκρασίας κορυφής των νεφών (CTT)	24
2.6. Εμπειρική σχέση της ελάχιστης θερμοκρασίας κορυφής νεφών με την λευκαύγεια (albedo)	25
2.6.1. Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας	28
2.7. Εμπειρική σχέση της θερμοκρασίας κορυφής νεφών (CTT) με την περιοχική έκταση της βροχής (AREA)	32
2.8. Εμπειρική σχέση της περιοχικής έκτασης της βροχής (AREA) με την λευκαύγεια (albedo)	35
2.8.1. Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής	36
2.9. Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας (MXRFL) του RADAR	41
2.10. Υπολογισμός της κορυφής της ηχώ του RADAR (ETOP)	44
2.11. Εκτίμηση βροχόπτωσης με την βοήθεια της ανακλαστικότητας (σχέση Z-R)	48
2.12. Σύνοψη αλληλουχίας εμπειρικών εξισώσεων	51
<b>A: ΑΚΡΑΙΑ ΚΑΙΡΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ – ΚΑΤΑΙΓΙΔΕΣ</b>	
A.1. Υετός	52
A.2. Ακραία καιρικά φαινόμενα	52

A.3. Καταιγίδες	55
A.3.1. Καταιγίδες αέριας μάζας	55
A.3.2 Δυναμικές καταιγίδες	57
A.3.2.1. Καταιγίδες ακτών	59
A.3.2.2. Μετωπικές καταιγίδες	59
A.3.3. Θερμικές καταιγίδες	60
<b>B: ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ – ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ</b>	
B.1. Μετεωρολογικοί δορυφόροι	62
B.2. Εκτίμηση υετού με τη χρήση Τηλεπισκόπησης	67
B.2.1. Εκτίμηση υετού με τη χρήση RADAR	67
B.2.2. Εκτίμηση υετού με τη χρήση δορυφορικών δεδομένων	69
B.2.2.1. Μέθοδοι κατηγοριοποίησης των νεφών	71
B.2.2.2. Μέθοδοι κλιματολογίας νεφών	74
B.2.2.3. Μέθοδοι ιστορίας ζωής	77
B.2.2.4. Διφασματικές και πολυφασματικές μέθοδοι	77
B.2.2.5. Μέθοδοι νεφικών μοντέλων	78
B.2.2.6. Μέθοδοι παθητικών μικροκυμάτων	79
B.2.2.7. Συνδυασμός τεχνικών	80
<b>3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b>	82
<b>4: ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b>	93
<b>5: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	96
<b>6: ABSTRACT</b>	100
<b>7: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b>	103

## 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό αποτελεί τον πρωταρχικό παράγοντα για τη δημιουργία ζωής. Οι φυτικοί και ζωικοί οργανισμοί εξαρτώνται άμεσα από αυτό και ιδιαίτερα από τις ποσότητες που είναι διαθέσιμες. Με την πάροδο των ετών και την εξέλιξη της γεωργίας, η βροχόπτωση αποτέλεσε το βασικό κριτήριο για το είδος της καλλιέργειας σε μια περιοχή. Πολλές φορές όμως, όταν αυτή είναι έντονη, εκτός από βασικό αγαθό αποτελεί και μεγάλο κίνδυνο για τον άνθρωπο και τις δραστηριότητές του. Αυτό γίνεται με την δημιουργία ακραίων καιρικών φαινομένων όπως τροπικοί κυκλώνες, ισχυροί ανεμοστρόβιλοι, καταιγίδες και πολικό ψύχος. Για την περιοχή της Ελλάδας τις σημαντικότερες καταστροφές επιφέρουν οι καύσωνες, η ξηρασία, ο παγετός, οι ισχυρές καταιγίδες και το χαλάζι.

Αναγκαία είναι η γνώση της εξέλιξης του καιρού στη ναυτιλία, την αεροπορία, τις τηλεπικοινωνίες αλλά ακόμη και στην καθημερινή ζωή του ανθρώπου. Κρίνεται λοιπόν, εξαιρετικά ωφέλιμη όσο και απαραίτητη, η προσπάθεια για πρόγνωση των καιρικών φαινομένων.

Ο αριθμός των θανάτων και των ζημιών από φυσικές καταστροφές σε παγκόσμια κλίμακα, που οφείλονται σε ακραία καιρικά φαινόμενα, αυξάνεται διαρκώς, αν και δεν υπάρχει μια διεθνής βάση δεδομένων όπου καταγράφονται όλα τα γεγονότα τα οποία συμβαίνουν σχεδόν καθημερινά στο σύνολο του πλανήτη. Παρόλα αυτά όμως η συχνότητα με την οποία αντιμετωπίζονται οι δυσμενείς επιπτώσεις στο κοινωνικό – οικονομικό σύστημα μειώνεται συνεχώς και αυτό λόγω της σημαντικής προόδου που έχει σημειωθεί στην πρόβλεψη, προειδοποίηση αλλά και στην αντιμετώπιση.

Το κόστος στην παγκόσμια οικονομία για τις φυσικές καταστροφές υπερβαίνει σήμερα τα 60 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως από τα οποία το 1/3 αντιστοιχεί στα έξοδα για την πρόβλεψη, πρόληψη και για την αποφυγή των καταστροφών και τα υπόλοιπα 2/3 αντιστοιχούν στις άμεσες ζημιές από καταστροφές και την αποκατάσταση τους. Ο αριθμός των θανάτων ετησίως κυμαίνεται από χρόνο σε χρόνο με ένα παγκόσμιο μέσο όρο 250.000. Το 95% περίπου των θανάτων σημειώνονται σε χώρες του τρίτου κόσμου, όπου ο πληθυσμός υπερβαίνει τα 4,2 δισεκατομμύρια ([http://www.civilprotection.gr/description\\_storm.htm](http://www.civilprotection.gr/description_storm.htm)).



*Εικόνα 1.1: Πολλές περιοχές του πλανήτη πλήττονται από ακραία καιρικά φαινόμενα.*

Τα προβλήματα αυτά, πολύ καιρό απασχολούσαν την ανθρωπότητα και κατέστησαν επιτακτική την ανάγκη για δημιουργία μιας νέας επιστήμης, που σκοπό θα είχε την πρόβλεψη και την εξέλιξη των καιρικών φαινομένων. Στο αρχικό στάδιο η μετεωρολογία βασίστηκε στη συλλογή επίγειων βροχομετρικών δεδομένων και στην

παρατήρηση της θερμοκρασιακής μεταβολής. Με την εξέλιξή της όμως, κύριο εργαλείο της έγινε η τηλεπισκόπηση.

Τα μετεωρολογικά ραντάρ που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της βροχόπτωσης δίνουν ικανοποιητικά αποτελέσματα, όμως παρουσιάζουν πρόβλημα όπως και τα βροχόμετρα όσον αφορά την κάλυψη εκτεταμένων χερσαίων ή θαλάσσιων περιοχών (Mohammedberhan, 1998). Τις τελευταίες δεκαετίες οι μετεωρολογικοί δορυφόροι παρέχουν κάλυψη και πληροφορίες για την βροχόπτωση. Πληροφορίες από το διάστημα που να αφορούν στις συχνές λήψεις των καιρικών φαινομένων μπορούν να δοθούν μόνο από γεωστατικούς δορυφόρους. Οι δορυφόροι αυτοί παρέχουν την δυνατότητα υπολογισμού της θερμοκρασίας με την εφαρμογή των κατάλληλων αλγορίθμων. Παράλληλα το κόστος συλλογής πληροφοριών είναι πολύ μικρότερο από αυτό των επίγειων σταθμών. Η παροχή πληροφοριών για την χωρική και ποσοτική κατανομή της βροχόπτωσης σε όλη την υδρόγειο είναι ένας από τους πρωταρχικούς στόχους των μετεωρολογικών δορυφόρων για την εξυπηρέτηση μεταξύ άλλων, μετεωρολογικών, υδρολογικών και περιβαλλοντικών μελετών (Milford & Dugdale, 1990).

Με τη χρήση εικόνων από την ορατή και υπέρυθρη περιοχή του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας γίνεται η εκτίμηση της βροχόπτωσης. Λόγω της μεγάλης διαχρονικής διακριτικής ικανότητάς τους στο ορατό και το υπέρυθρο, οι γεωστατικοί δορυφόροι καταγράφουν την ανάπτυξη και τη διάλυση καταιγιδόφορων νεφών. Η πληροφορία που λαμβάνεται από το δορυφόρο στα μήκη κύματος της ορατής περιοχής του φάσματος απεικονίζει την ακτινοβολία που σκεδάζεται από την ατμόσφαιρα και ανακλάται από την γήινη επιφάνεια. Η υπέρυθρη απεικόνιση προσδιορίζει τη θερμική ακτινοβολία των νεφών ακόμα και τη νύχτα, όπως προκύπτει από τον νόμο ακτινοβολίας του Planck. Επίσης με αυτή την προσέγγιση το ύψος του νέφους μπορεί να προσδιοριστεί από την

θερμοκρασία της κορυφής του. Έτσι εντοπίζεται το ψυχρό νέφος το οποίο αναμένεται να είναι καταγιδοφόρο (Chara *et al*, 1992; Anagnostou *et al*, 1999).

Οι επιχειρησιακές εφαρμογές απαιτούν ποσοτικό προσδιορισμό της βροχόπτωσης από διαφορετικά βροχομετρικά συστήματα τα οποία διαφέρουν σε δυναμικότητα. Υπάρχουν πολλές αναφορές για τις μεθόδους εκτίμησης της βροχόπτωσης με τη χρήση του ορατού και του υπέρυθρου φάσματος ακτινοβολίας (π.χ Barrett & Martin, 1981 και Arkin & Meinsner, 1987) που μπορεί να είναι απλές τεχνικές (π.χ Lovejoy & Austin, 1979; Alder & Negri, 1988) ή περισσότερο πολύπλοκες (Gruber, 1973; Negri *et al.*, 1984; Negri & Alder, 1993; Tsonis & Isaac, 1985).

Η εκπόνηση της παρούσας εργασίας έχει ως τελικό σκοπό την εκτίμηση της βροχόπτωσης για την περιοχή της Θεσσαλίας με τη χρήση εμπειρικών σχέσεων. Ακολουθούνται διαδοχικά βήματα από τα οποία υπολογίζεται αρχικά η ελάχιστη θερμοκρασία της κορυφής των νεφών και η λευκαύγεια για την κάθε περιοχή μελέτης ξεχωριστά. Εν συνεχεία, προκύπτει η εμπειρική σχέση μεταξύ ελάχιστης θερμοκρασίας νεφών και λευκαύγειας, η οποία εφαρμόζεται για την ταξινόμηση βροχής για να εξαχθούν αποτελέσματα για την συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας. Όμοια διαδικασία ακολουθείται και για τον υπολογισμό της περιοχικής έκτασης της βροχής. Μέσω του νέου εμπειρικού αλγόριθμου, συσχετίζονται η μετρηθείσα με την εκτιμηθείσα περιοχική έκταση βροχής. Παράλληλα, χρησιμοποιούνται εξισώσεις για τον υπολογισμό της κορυφής της ηχώ του RADAR καθώς επίσης και της ανακλαστικότητας αυτού. Με την βοήθεια όλων των παραπάνω παραμέτρων προκύπτει η σχέση μεταξύ ανακλαστικότητας και ύψους βροχής (σχέση Z-R). Στο τελικό στάδιο της επεξεργασίας εφαρμόζεται η σχέση Z-R για τον υπολογισμό της βροχόπτωσης πάνω από συγκεκριμένες περιοχές και οι τιμές αυτές συσχετίστηκαν με αυτές των επίγειων σταθμών. Για την

διεξαγωγή όλων των παραπάνω αλγορίθμων, απαραίτητη είναι η χρήση του ορατού και υπέρυθρου καναλιού του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Στη συνέχεια, δίνονται κάποιες γενικές πληροφορίες για τις καταιγίδες καθώς επίσης και για ακραία καιρικά φαινόμενα. Αναλύονται τα στάδια μιας καταιγίδας και τα είδη στα οποία διαχωρίζονται. Επίσης, λαμβάνονται πληροφορίες για την Τηλεπισκόπηση, τους μετεωρολογικούς δορυφόρους και την προσφορά τους στην πρόοδο της επιστήμης. Τέλος, παρουσιάζονται μέθοδοι για την παρακολούθηση του υετού από δορυφόρους, οι οποίες βασίζονται σε εικόνες των περιοχών του φάσματος του οπτικού, υπέρυθρου ή μικροκυμάτων. Στα δύο τελευταία κεφάλαια παρουσιάζεται η ανάλυση των αποτελεσμάτων και προτείνονται τρόποι για την βελτίωση της μεθόδου με απώτερο σκοπό την εξαγωγή πολύτιμων και ασφαλών συμπερασμάτων.



## 2: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

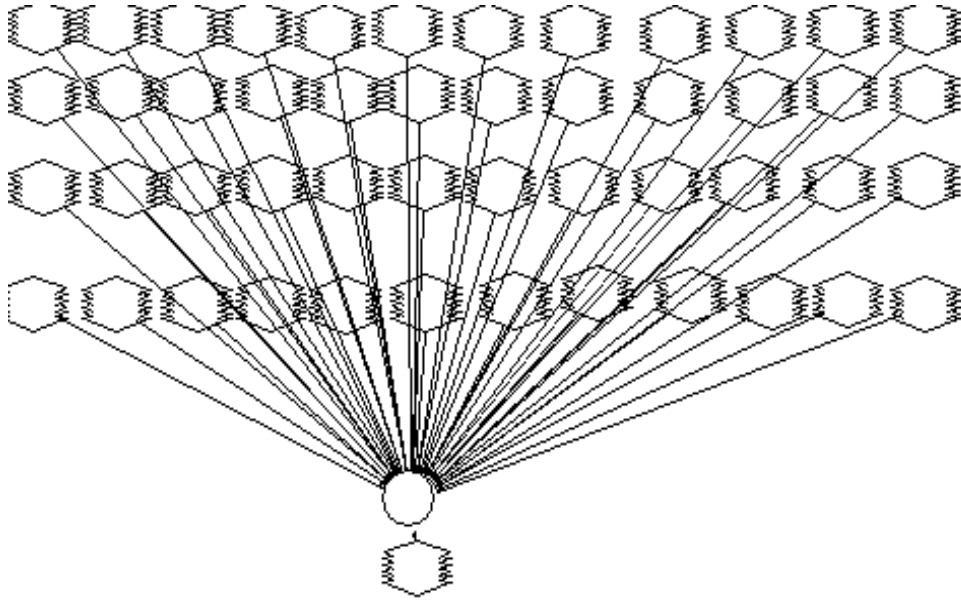
### 2.1. Βάση δεδομένων

Για τη συγκεκριμένη εργασία η έρευνα έγινε για τη σειρά ετών 1998 – 2000. Αναφέρεται επίσης, ότι η έρευνα αφορά τόσο την ορατή όσο και την υπέρυθρη περιοχή του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

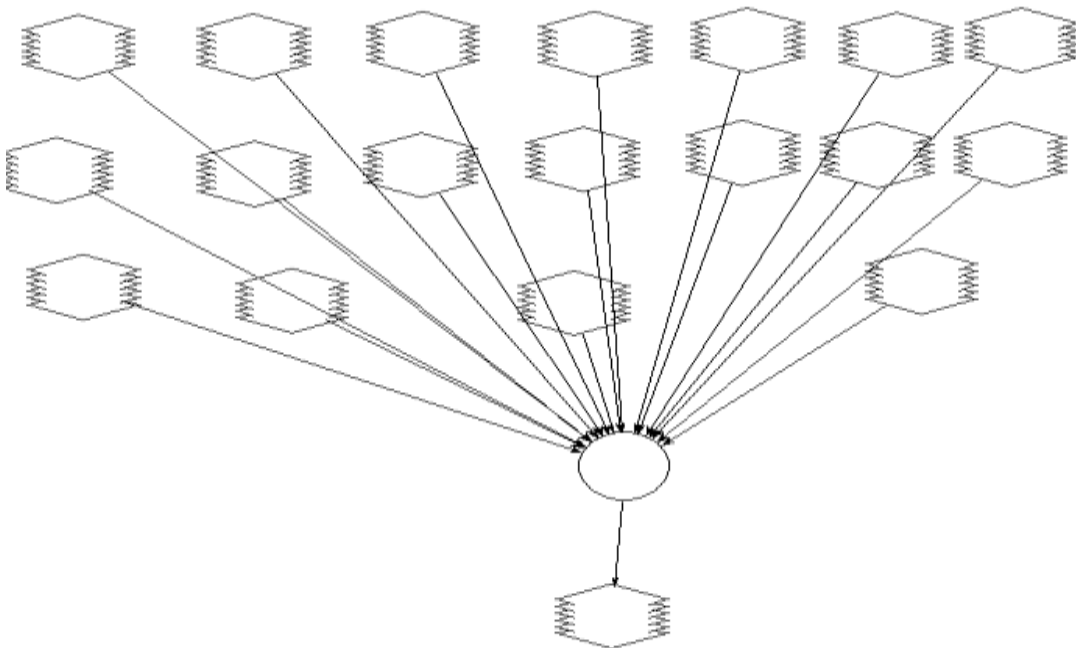
Στο αρχικό στάδιο συγκεντρώθηκαν μια σειρά δεδομένων (δορυφορικών εικόνων ανά μισή ώρα), που αναφέρονται στο μήνα Μάιο για τη σειρά ετών που προειπώθηκε. Χρησιμοποιείται ο μήνας Μάιος διότι θεωρείται ενδεικτικός μήνας της θερμής περιόδου κατά την οποία εμφανίζονται θερμικές καταιγίδες. Τα δεδομένα αυτά διατίθενται σε συμπιεσμένη μορφή. Αφού αποσυμπεστούν αποθηκεύονται σε αρχείο, το οποίο περιέχει για το μήνα Μάιο, όλων των ετών, 48 εικόνες ανά ημέρα για την υπέρυθρη περιοχή του φάσματος και 18 εικόνες για την ορατή περιοχή του φάσματος, για όλες τις ημέρες του μήνα. Ο μικρότερος αριθμός παρατηρήσεων για την περιοχή του ορατού οφείλεται στο ότι μετά την Δύση του ηλίου και μέχρι την Ανατολή του ο δορυφόρος λαμβάνει μελανές εικόνες. Συνολικά επεξεργάστηκαν 6.138 εικόνες. Στη συνέχεια, έγινε χρήση του προγράμματος ERDAS, για την σύνθεση και ομογενοποίηση των εικόνων.

Αναλυτικότερα με την χρήση της λειτουργίας του προγράμματος ‘δημιουργία μοντέλων’ (modeler maker), κατασκευάζεται μοντέλο, το οποίο με την βοήθεια τύπων (συγκεκριμένα stacklayers) μετατρέπει τις εικόνες της μιας ημέρας σε μία διαστρωματομένη εικόνα, η οποία αποτελεί σύνθεση όλων των προηγούμενων. Προσθέτει δηλαδή τις εικόνες ανά μισή ώρα οι οποίες λαμβάνονται από τον δορυφόρο και δίνει μία εικόνα η οποία παρέχει πληροφορίες για ολόκληρο το εικοσιτετράωρο. Στα σχήματα 2.1 και 2.2 απεικονίζονται τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν στο

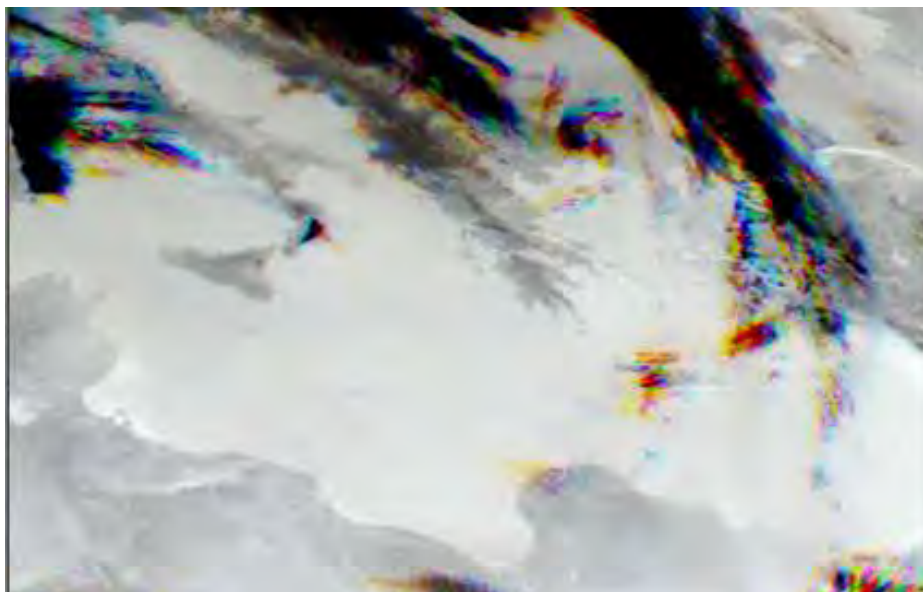
συγκεκριμένο στάδιο επεξεργασίας για την υπέρυθη και ορατή περιοχή του φάσματος αντίστοιχα.



Εικόνα 2.1: Μοντέλο μετατροπής 48 εικόνων σε μία εικόνα για την υπέρυθη περιοχή του φάσματος.



Εικόνα 2.2: Μοντέλο μετατροπής 18 εικόνων σε μία εικόνα για την ορατή περιοχή του φάσματος.



Εικόνα 2.3: Τυπική εικόνα METEOSAT της 20<sup>ης</sup> Μαΐου 1994.

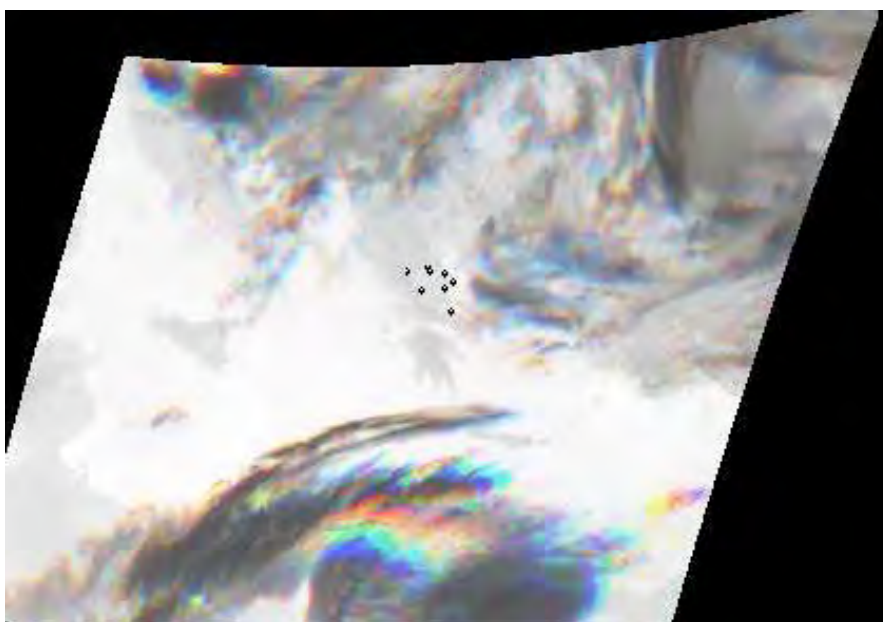
Πολλές φορές υπάρχει έλλειψη δορυφορικών δεδομένων χωρίς τα οποία δεν είναι δυνατή η συνέχεια της έρευνας. Η έλλειψη αυτή πρέπει να αναπληρωθεί για την ομαλή επεξεργασία του συνόλου των δεδομένων. Αυτό γίνεται με την δημιουργία μιας εικόνας 'balander' που θα καλύψει τις κενές θέσεις. Το αποτέλεσμα είναι να δημιουργηθούν 62 νέες εικόνες για τον κάθε μήνα όλων των ετών. Η όλη επεξεργασία αναλύεται στον πίνακα 2.1:

**Πίνακας 2.1: Χρησιμοποιηθέντα δορυφορικά δεδομένα / έτος.**

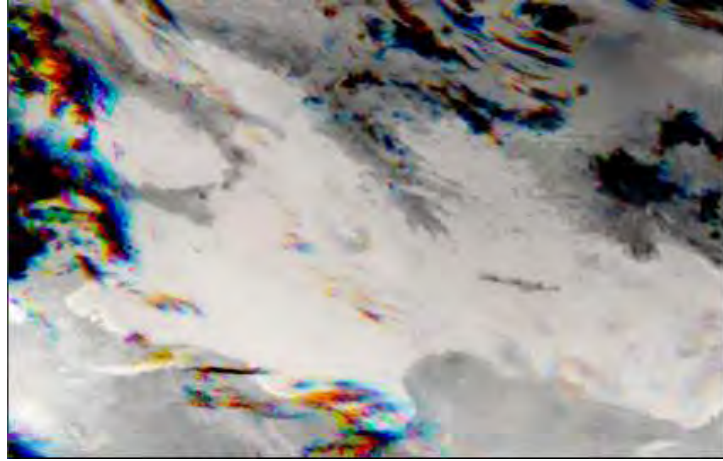
Έτος	1998	1999	2000
Αριθμός ημερών/έτος(VIS-IR)	62	62	62
Πλήθος δορυφορικών εικόνων/έτος (VIS-IR)	2.046	2.046	2.046
Σύνολο εικόνων	6.138		

## 2.2. Γεωμετρική διόρθωση

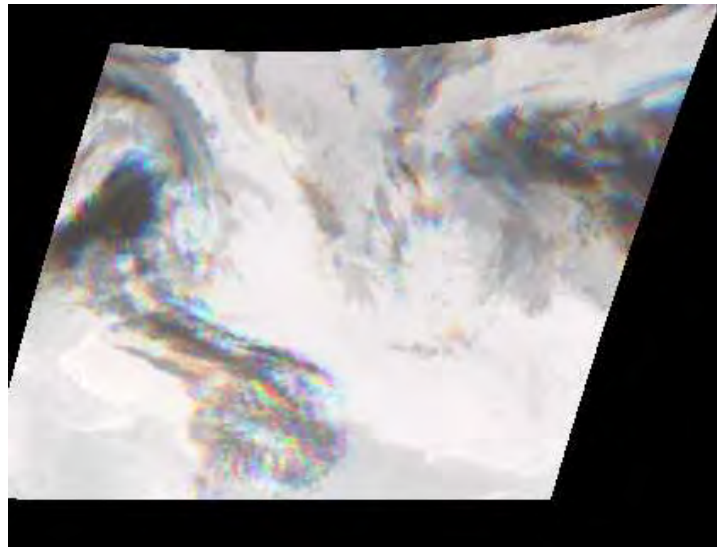
Στο στάδιο αυτό η κάθε εικόνα ‘ανοίγεται’ με τη χρήση της λειτουργίας του προγράμματος απεικόνισης (viewer) και με την εντολή *geometric correction* ακολουθεί η γεωμετρική της διόρθωση. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για όλες τις εικόνες του κάθε έτους. Αυτό γίνεται για να αποδοθούν οι συντεταγμένες στις εικόνες και να προσδιοριστούν οι θέσεις των μετεωρολογικών σταθμών που θα χρησιμοποιηθούν σε παρακάτω βήματα. Το προβολικό σύστημα που χρησιμοποιείται είναι το EGSA 87. Συνολικά οι εικόνες που επεξεργάστηκαν είναι 186. Η κάθε μέρα αποθηκεύεται ως *day\_x\_reg* (όπου *x* ο αύξοντας αριθμός της ημέρας), για να ξεχωρίζουν οι γεωμετρικά διορθωμένες εικόνες από τις εικόνες μίας ημέρας.



*Εικόνα 2.4: Οι θέσεις των σταθμών σε γεωμετρικά διορθωμένη εικόνα.*



(α)



(β)

*Εικόνα 2.5: (α) αρχική εικόνα METEOSAT και (β) γεωμετρικά διορθωμένη εικόνα.*

### **2.3. Υπολογισμός επιφανειακής θερμοκρασίας**

Οι εικόνες των δορυφόρων METEOSAT χαρακτηρίζονται από  $2^8$  (256) δυνατές αποχρώσεις του γκρι. Καθεμία από τις τιμές αυτές των εικονοστοιχείων (pixel) χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της θερμοκρασίας. Ο τύπος που χρησιμοποιείται για την μετατροπή των τιμών των pixels σε ακτινοβολία ( $W/m^2$ ) δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Radiation} = (\text{COUNT} - \text{IRSPC}) * \text{IRCAL} \quad (2.1)$$

όπου:

Radiation = ακτινοβολία ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

COUNT = τιμή του pixel (0-255)

IRSPC = συντελεστής Meteosat Space Count

IRCAL = διορθωτικός παράγοντας Meteosat

Τυπικές τιμές των IRSPC και IRCAL είναι 5 και 0.07256 αντίστοιχα. (Griffith *et al*, 1978).

Στην συνέχεια τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εξίσωση 2.1 μεταφέρθηκαν στην εξίσωση:

$$T = b / (\text{Ln}(\text{Radiation}) - a) \quad (2.2)$$

όπου:

T = θερμοκρασία ( $^{\circ}\text{K}$ )

b = συντελεστής παλινδρόμησης (αδιάστατο)

a = συντελεστής παλινδρόμησης (αδιάστατο)

R = ακτινοβολία ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

Στον πίνακα 2.2 δίνονται ενδεικτικές τιμές για τους συντελεστές a και b

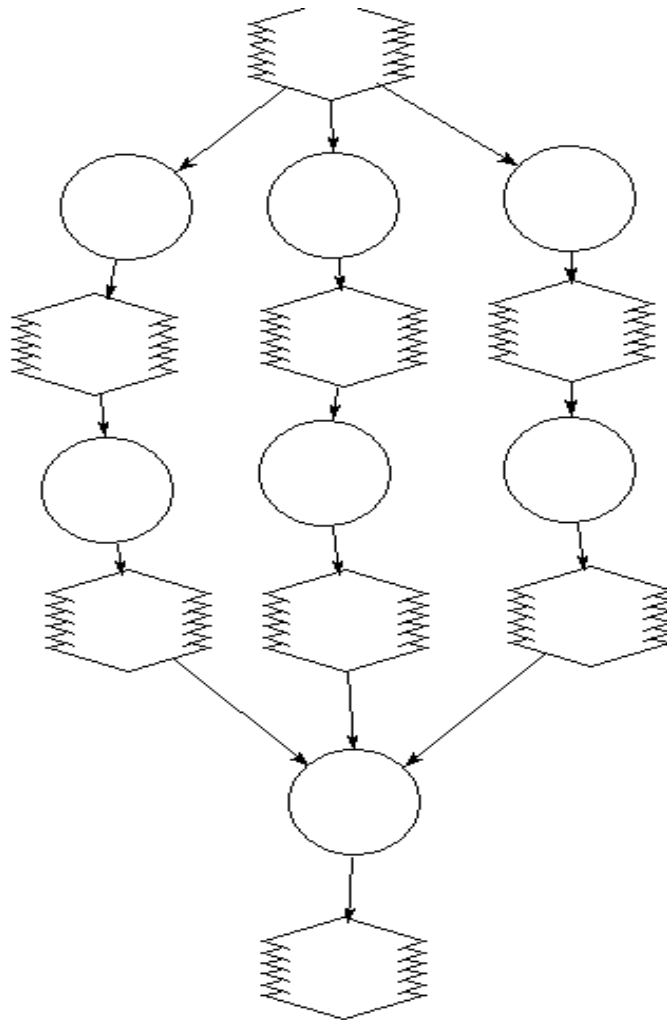
**Πίνακας 2.2: Ενδεικτικές τιμές των συντελεστών a και b.**

	Meteosat2	Meteosat3	Meteosat4	Meteosat5	Meteosat6	Meteosat7
a	6.1401	6.1694	6.7300	6.7348	6.7615	6.9676
b	-1267	-1262.7	-1272.2	-1272.2	-1267.2	-1255.6

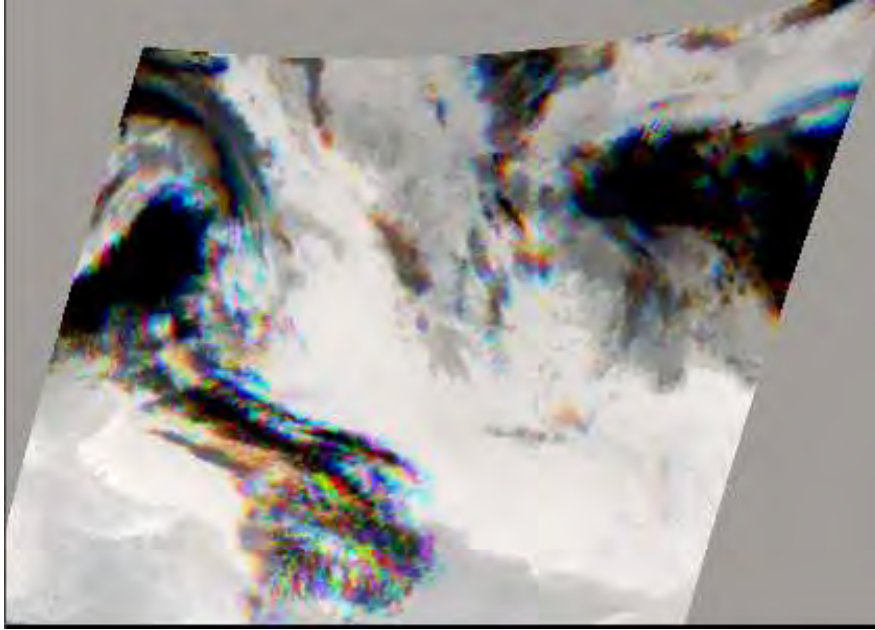
Στο επόμενο βήμα της επεξεργασίας δημιουργήθηκαν μοντέλα με τα οποία σε κάθε μία από τις γεωμετρικά διορθωμένες εικόνες εφαρμόζεται μία συνθήκη (conditional) η οποία προέκυψε από το συνδυασμό των εξισώσεων 2.1 και 2.2 για τον

υπολογισμό των τιμών θερμοκρασίας. Ο παραπάνω τύπος, είναι ο ίδιος για όλες τις ημέρες με την μόνη διαφορά ότι ο συντελεστής που χρησιμοποιείται αλλάζει, πολλές φορές ακόμα και κάθε μισή ώρα, ανάλογα με αυτόν που χρησιμοποιεί ο δορυφόρος.

Οι επιπλέον συντελεστές και τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στο παράρτημα. Οι εικόνες που προέκυψαν ήταν συνολικά 93 (σε μορφή img) και παρέχουν πληροφορίες για την διακύμανση της θερμοκρασίας σε μία περιοχή κάθε μισή ώρα.



*Εικόνα 2.6: Μοντέλο υπολογισμού θερμοκρασίας.*



*Εικόνα 2.7: Τυπική εικόνα θερμοκρασίας που προέκυψε από θερμική εικόνα METEOSAT.*

#### **2.4. Επεξεργασία επίγειων δεδομένων**

Τα στοιχεία βροχοπτώσεων λήφθηκαν από τους εξής σταθμούς: Αγχιάλος, Ζαγορά, Αγιά, Τύρναβος, Τσαριτσάνη, Καλαμπάκα, Καρδίτσα, Αταλάντη. Επειδή τα στοιχεία αναφέρονται στο σύνολο των ημερών των ετών, έγινε επιλογή των δεδομένων που αντιστοιχούν στο μήνα Μάιο. Διαχωρίστηκαν τα δίσεκτα έτη για την αποφυγή εσφαλμένων τιμών. Λόγω των ελλείψεων στη βάση δεδομένων των σταθμών για το έτος 1998 χρησιμοποιήθηκαν οι εξής σταθμοί: Ζαγορά, Αγιά, Τύρναβος, Καλαμπάκα, Καρδίτσα, Τσαριτσάνη. Όμοια για το 1999 χρησιμοποιήθηκαν οι σταθμοί: Τύρναβος, Καλαμπάκα, Αγχιάλος, Ζαγορά. Τέλος, για το 2000 χρησιμοποιήθηκαν οι σταθμοί: Τύρναβος, Αγιά, Αγχιάλος και Ζαγορά.

Τα δεδομένα των σταθμών αναφέρονται σε ωριαία καταμέτρηση της βροχόπτωσης, ενώ τα δορυφορικά δεδομένα σε καταγραφή ανά μισή ώρα. Έτσι μετατράπηκαν τα τελευταία σε δεδομένα ανά μία ώρα, με την πρόσθεση των τιμών



διαδοχικά και τον υπολογισμό της μέσης τιμής αυτών. Επίσης ακολούθησε επιπλέον επεξεργασία των δορυφορικών δεδομένων για το λόγο ότι οι δορυφόροι χρησιμοποιούν την ώρα του Greenwich ενώ οι μετεωρολογικοί σταθμοί της Ελλάδας την τοπική ώρα. Αυτό έγινε με την πρόσθεση τριών ωρών στα δορυφορικά δεδομένα για την ταύτιση χρόνου, δεδομένου ότι για τον μήνα Μάιο ισχύει η θερινή ώρα.



## 2.5. Υπολογισμός της ελάχιστης θερμοκρασίας κορυφής νεφών (CTT)

Με τη χρήση του λογισμικού Arc Map των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S) έγινε η επεξεργασία των δεδομένων. Αρχικά εντοπίστηκαν οι μέρες του μήνα Μαΐου κάθε έτους για τους σταθμούς της Θεσσαλίας, κατά τις οποίες παρατηρήθηκε βροχόπτωση. Έπειτα λήφθηκε η κατώτερη τιμή της θερμοκρασίας των νεφών πάνω από τις συγκεκριμένες περιοχές, με τη χρήση εντολής του προγράμματος πάνω στα δορυφορικά δεδομένα. Οι μετεωρολογικοί σταθμοί θεωρούνται

αντιπροσωπευτικοί των Δημοτικών Διαμερισμάτων για τα οποία υπολογίσθηκε η CTT. Οι εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν στο στάδιο αυτό, αναφέρονται στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Ένα μικρό δείγμα της επεξεργασίας που διενεργήθηκε παρουσιάζεται ενδεικτικά στον πίνακα 2.3 που ακολουθεί. Η διαδικασία στο σύνολό της φαίνεται στους πίνακες του παραρτήματος 1.

**Πίνακας 2.3: Ενδεικτικός εντοπισμός ελάχιστης θερμοκρασίας νεφών ανά περιοχή.**

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ	CTT (°C)
ΑΓΙΑΣ	7/5/1998	8.00	-5,31069
ΑΓΙΑΣ	8/5/1998	13.00	-15,2879
ΑΓΙΑΣ	9/5/1998	8.00	-43,0022
ΑΓΙΑΣ	9/5/1998	9.00	-43,0022
ΑΓΙΑΣ	9/5/1998	14.00	-9,2759
ΑΓΙΑΣ	9/5/1998	15.00	-29,3305
ΑΓΙΑΣ	10/5/1998	10.00	-14,6339
ΖΑΓΟΡΑΣ	8/5/1998	11.00	-13,9025
ΖΑΓΟΡΑΣ	8/5/1998	12.00	-13,9025
ΖΑΓΟΡΑΣ	8/5/1998	15.00	-12,0299
ΖΑΓΟΡΑΣ	9/5/1998	14.00	-20,3352

## 2.6. Εμπειρική σχέση της ελάχιστης θερμοκρασίας κορυφής νεφών με την λευκαύγεια (albedo)

Ελήφθησαν σαράντα τυχαίες περιπτώσεις από το πλήθος των δεδομένων. Για αυτές τις περιπτώσεις και με τη χρήση διεργασιών που αναφέρθηκαν προηγουμένως, εντοπίστηκε η ελάχιστη θερμοκρασία της κορυφής των νεφών για την καθεμία αντίστοιχα, με την βοήθεια των εικόνων από την υπέρυθρη περιοχή του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Στη συνέχεια με την χρήση του προγράμματος Arc Map των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S) βρέθηκε η λευκαύγεια για τις συγκεκριμένες περιοχές. Το τελευταίο βήμα πραγματοποιήθηκε με την χρήση εικόνων του ορατού φάσματος της ακτινοβολίας. Στον πίνακα 2.4 που ακολουθεί

παρουσιάζεται το σύνολο των δεδομένων για την λευκαύγεια με τις αντίστοιχες τιμές χαμηλότερης θερμοκρασίας της κορυφής των νεφών για τις περιοχές που τους αναλογούν.

**Πίνακας 2.4: Ελάχιστη θερμοκρασία κορυφής νεφών (CTT) με την αντίστοιχη λευκαύγεια.**

Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ	CTT+100 (°C)	ΛΕΥΚΑΥΓΕΙΑ (pixel number)
ΑΓΙΑ	8/5/1998	13.00	115,2879	42
ΑΓΙΑ	9/5/1998	15.00	70,6695	87
ΑΓΙΑ	15/5/1998	7.00	100,1081	65
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	11.00	114,8243	46
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	12.00	113,9025	45
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	15.00	112,0299	35
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	14.00	80,9625	111
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/1998	8.00	76,3232	101
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	8.00	115,6541	35
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	9.00	115,33	43
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	9.00	97,1923	123
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	11.00	104,9766	63
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	12.00	85,7627	115
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	14.00	95,56202	108
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	7.00	54,2734	153
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	8.00	60,4633	136
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	11.00	53,339	177
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	10/5/1998	15.00	61,3026	128
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	25/5/1998	11.00	60,3606	137
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	13.00	93,00988	71
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	14.00	106,2222	54
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	15.00	107,2112	53
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	7.00	59,6136	139
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	11.00	57,8812	140
ΖΑΓΟΡΑ	4/5/1999	13.00	90,97278	74
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	29/5/1999	9.00	75,5232	100
ΑΓΙΑ	24/5/1999	12.00	114,3661	36
ΑΓΙΑ	8/5/1998	14.00	114,3661	27
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	15.00	111,557	43
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	13.00	111,557	36
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	14.00	63,7612	131
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	13.00	69,9329	90
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	15.00	73,5471	98
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	14.00	88,5455	85
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	13.00	87,878	83
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	15.00	91,16951	94
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	15.00	72,8376	128
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1998	13.00	55,1944	174
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	11.00	61,3026	167

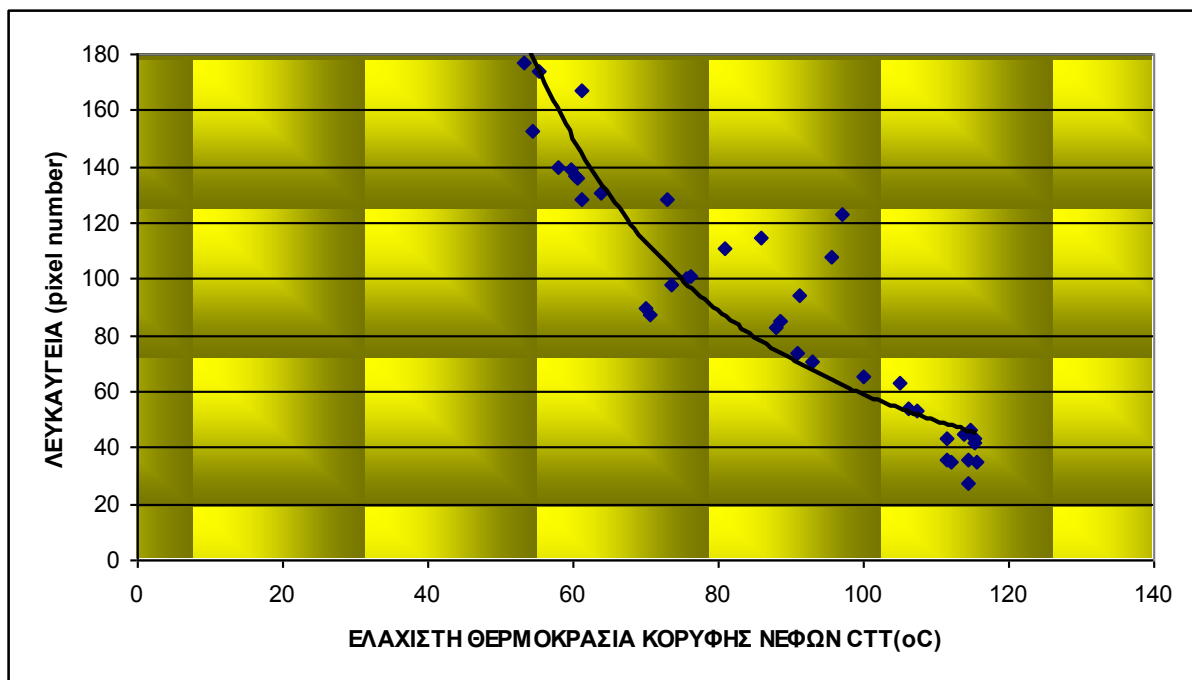
Στον προηγούμενο πίνακα και για τις δύο μεταβλητές CTT – ALBEDO εφαρμόστηκε πλήθος τύπων με σκοπό τον εντοπισμό εκείνου με τον καλύτερο συντελεστή συσχέτισης. Η εμπειρική σχέση που βρέθηκε είναι η εξής:

$$ALBEDO = 276061 * CTT^{-1.8355} \quad (2.3)$$

όπου:

- ✓ CTT η ελάχιστη θερμοκρασία της κορυφής των νεφών (°C)
- ✓ ALBEDO η λευκαύγεια (pixel number)

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η γραφική απεικόνιση της εξίσωσης 2.3.



Εικόνα 2.9: Διάγραμμα συσχέτισης ελάχιστης θερμοκρασίας κορυφής νεφών με την λευκαύγεια.

Η τιμή του συντελεστή συσχέτισης R για την εξίσωση 2.3 είναι 0.90 γεγονός που καθιστά την εξίσωση έγκυρη και εφαρμόσιμη.

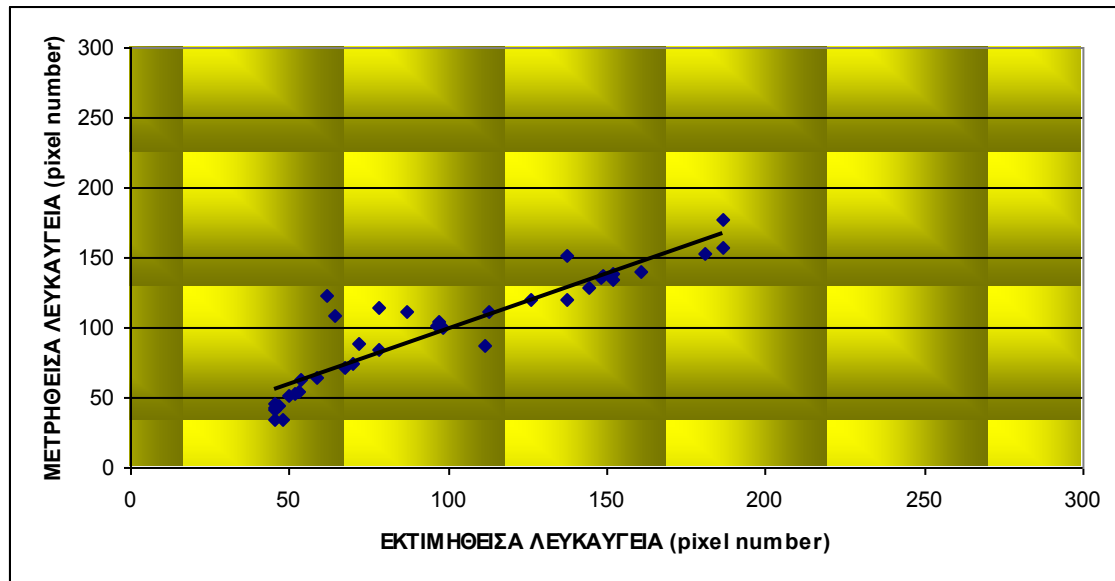
### 2.6.1. Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας

Στο βήμα αυτό της επεξεργασίας έγινε αρχικά ο διαχωρισμός της βροχόπτωσης σε κλάσεις μεγέθους, αναφορικά με το ύψος βροχής (mm). Αποτέλεσμα ήταν η δημιουργία τριών διαφορετικών κλάσεων. Η πρώτη από 0,8 έως 2,5mm βροχής, η δεύτερη από 2,6 έως 7,5 mm βροχής και η τρίτη για τιμές υετού μεγαλύτερες των 7,6mm. Ακολούθησε ο υπολογισμός της λευκαύγειας για την κάθε κλάση με βάση την εξίσωση 2.3. Στη συνέχεια εντοπίστηκε η αποδοθείσα λευκαύγεια από τις εικόνες του ορατού φάσματος της ακτινοβολίας, η οποία συγκρίθηκε με τις εκτιμηθείσες τιμές που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Για την πλήρη κατανόηση της μεθόδου ακολουθεί πίνακας και γραφική απεικόνιση για όλες τις κλάσεις με σειρά μεγέθους από την μικρότερη στην μεγαλύτερη. Αναλυτικότερα για την πρώτη κλάση (0,8-2,5mm) παρουσιάζεται ενδεικτικός πίνακας των τιμών όπως υπολογίσθηκαν. Οι υπόλοιπες τιμές της κλάσης αυτής εξαιτίας του πλήθους παρατηρήσεων παρουσιάζεται εξ' ολοκλήρου στο παράρτημα 2.

**Πίνακας 2.5: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους 0,8 -2,5mm.**

Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Ύψος βροχής (mm)	Εκτιμηθείσα λευκαύγεια (pixel number)	Μετρηθείσα λευκαύγεια (pixel number)
ΑΓΙΑ	8/5/1998	0,8	45,3524782	42
ΑΓΙΑ	9/5/1998	0,8	111,3626833	87
ΑΓΙΑ	15/5/1998	0,8	58,76836909	65
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	0,8	45,68914226	108
ΖΑΓΟΡΑ	27/5/1998	1	46,37012481	51
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	1,6	47,80271844	157
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	1	86,76607261	134
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	0,8	96,69163885	151

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η γραφική συσχέτιση των δεδομένων του πίνακα 2.5.



Εικόνα 2.10: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους 0,8-2,5mm.

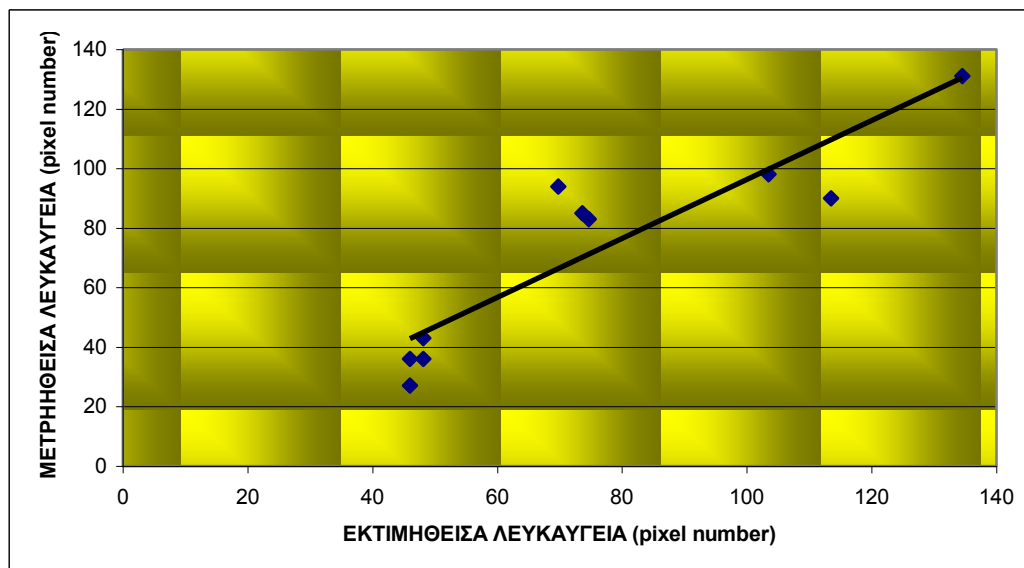
Ο συντελεστής συσχέτισης, όπως προκύπτει, είναι  $R = 0.91$  (Εικόνα 2.10), γεγονός που καθιστά την εμπειρική εξίσωση ικανοποιητική και εφαρμόσιμη.

Όμοια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τις υπόλοιπες κλάσεις του ύψους βροχής. Τα αποτελέσματα για την κλάση 2,6 – 7,5mm παρουσιάζονται στον πίνακα 2.6.

Πίνακας 2.6: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους 2,6 – 7,5mm.

Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Ύψος βροχής (mm)	Εκτιμηθείσα λευκαύγεια (pixel number)	Μετρηθείσα λευκαύγεια (pixel number)
ΑΓΙΑ	8/5/1998	3,6	46,02569356	36
ΑΓΙΑ	8/5/1998	2,6	46,02569356	27
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	3,6	48,17532259	43
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	3,8	48,17532259	36
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	4,8	134,5059927	131
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	2,6	113,5251524	90
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	3,0	103,4960999	98
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	4,0	73,6174815	85
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	3,8	74,64711288	83
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	3,2	69,77519809	94
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	6,0	105,3540664	128
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1998	5,8	25,56403497	25

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η γραφική συσχέτιση των δεδομένων του πίνακα 2.6.



Εικόνα 2.11: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους 2,6-7,5mm.

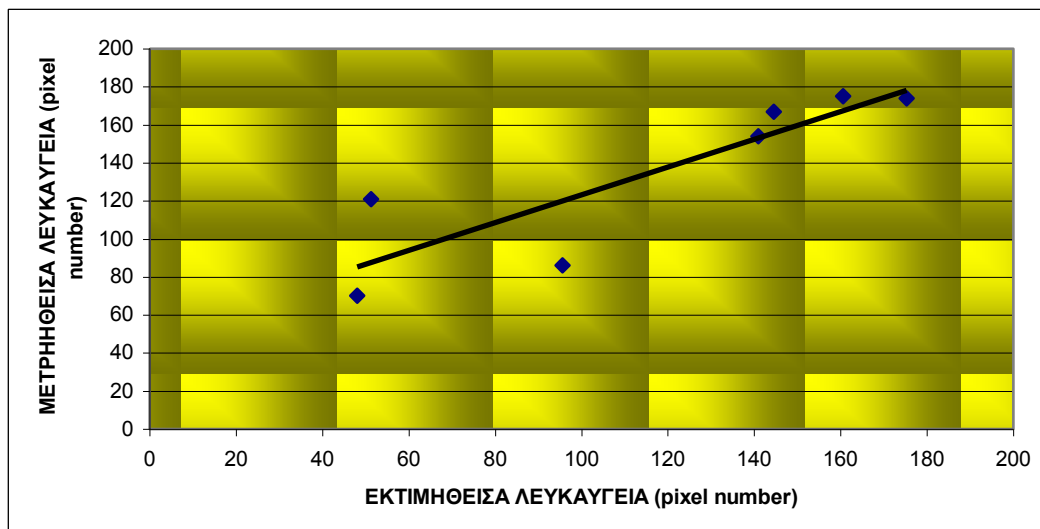
Η τιμή του συντελεστή συσχέτισης R είναι ικανοποιητική και σε αυτή την περίπτωση και ίση με 0.90 (Εικόνα 2.11).

Τέλος, για ύψος βροχής μεγαλύτερο των 7,5mm τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 2.7: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους >7.5mm.

Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Ύψος βροχής (mm)	Εκτιμηθείσα λευκαύγεια (pixel number)	Μετρηθείσα λευκαύγεια (pixel number)
ΖΑΓΟΡΑ	9/51998	8,8	175,2898437	174
ΖΑΓΟΡΑ	9/51998	8,4	144,5731175	167
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	18/5/1998	8,2	95,58694665	86
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	9	48,03044625	70
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	7,8	51,2315543	121
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	10,8	160,6445698	175
ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ	14/5/1998	20	140,9976385	154

Στη συνέχεια ακολουθεί η γραφική παράσταση των τιμών του πίνακα 2.7.



Εικόνα 2.12: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους >7.5mm.

Η τιμή του συντελεστή συσχέτισης R είναι ικανοποιητική και σε αυτή την περίπτωση και ίση με 0.87 (Εικόνα 2.12).

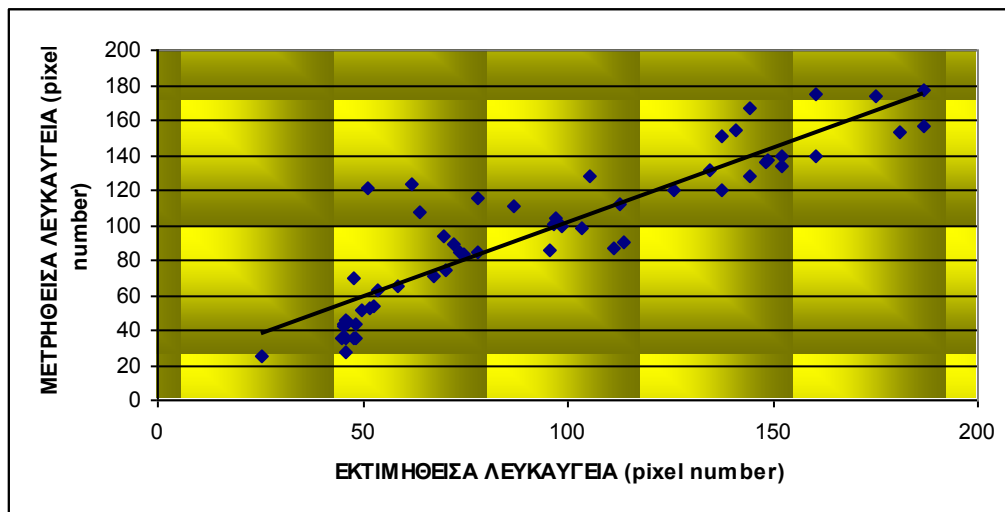
Στο τελευταίο στάδιο της τρέχουσας επεξεργασίας ακολουθήθηκε όμοια διαδικασία, στην περίπτωση αυτή, για το σύνολο των κλάσεων του ύψους βροχής. Ο πίνακας 2.8 που ακολουθεί, εκπροσωπεί το σύνολο των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 2.8: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας λευκαύγειας για όλες τις κλάσεις μεγέθους.

Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Ύψος βροχής (mm)	Εκτιμηθείσα λευκαύγεια (pixel number)	Μετρηθείσα λευκαύγεια (pixel number)
ΖΑΓΟΡΑ	27/5/1998	1	45,3524782	51
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	1,6	111,3626833	157
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	1	58,76836909	134
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	0,8	45,68914226	151
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	10/5/1998	1	46,37012481	120
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	15/5/1998	1,2	47,80271844	89
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	09/05/98	0,8	86,76607261	120
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	09/05/98	1,2	96,69163885	104
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	09/05/98	1,8	45,08924675	85
ΖΑΓΟΡΑ	06/05/99	7,8	45,32209532	121
ΖΑΓΟΡΑ	09/05/98	10,8	62,04499853	175
ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ	14/05/98	20	53,8628762	154



Η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων δίνεται στο διάγραμμα 2.12 που ακολουθεί.



Εικόνα 2.13: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας για όλα τα ύψη βροχής.

Ο συντελεστής συσχέτισης για την συγκεκριμένη περίπτωση είναι  $R = 0.90$  (Εικόνα 2.13). Παρατηρείται λοιπόν, ότι η εμπειρική σχέση που προέκυψε για τον υπολογισμό της λευκαύγειας, μπορεί να δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα τόσο σε κλάσεις μεγέθους του ύψους βροχής, όσο και στο σύνολο των περιπτώσεων που εξετάζονται.

## 2.7. Εμπειρική σχέση της θερμοκρασίας κορυφής νεφών (CTT) με την περιοχική έκταση της βροχής (AREA)

Στο στάδιο αυτό της επεξεργασίας με τη χρήση του προγράμματος που προαναφέρθηκε, βρέθηκε η περιοχική έκταση του νέφους στο οποίο επικρατούσε η κατώτερη θερμοκρασία και αριθμήθηκε σε pixel. Η προαναφερθείσα διαδικασία διενεργήθηκε σε σαράντα περιπτώσεις από το σύνολο των τιμών, με σκοπό την εύρεση μιας εμπειρικής σχέσης η οποία συσχετίζει την περιοχική έκταση της βροχής με την

ελάχιστη θερμοκρασία της κορυφής των νεφών. Στις τιμές της θερμοκρασίας που ελήφθησαν προστέθηκε ο σταθερός συντελεστής 100 με σκοπό την αποφυγή αρνητικών τιμών. Στον πίνακα 2.9 που ακολουθεί, παρουσιάζονται ένα μέρος των περιπτώσεων των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή της εμπειρικής σχέσης. Τα υπόλοιπα δεδομένα παρουσιάζονται σε πίνακα του παραρτήματος 3.

**Πίνακας 2.9: Ελάχιστες τιμές νεφών και αντίστοιχες περιοχικές έκτασεις καταιγίδων.**

Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	CTT+100 (° C)	AREA (pixel)
ΑΓΙΑ	8/5/1998	87,2879	2
ΑΓΙΑ	9/5/1998	70,6695	3
ΑΓΙΑ	15/5/1998	97,1081	2,5
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	93,8243	2,5
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	92,9025	2
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	91,0299	2,5
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	80,9625	2
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/1998	76,3232	3
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	89,6541	2,2
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	115,33	2,5
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	97,1923	2,3
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	90,9766	2,5
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	85,7627	2,4
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	95,56202	2,5
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	54,2734	3,5
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	60,4633	3,2

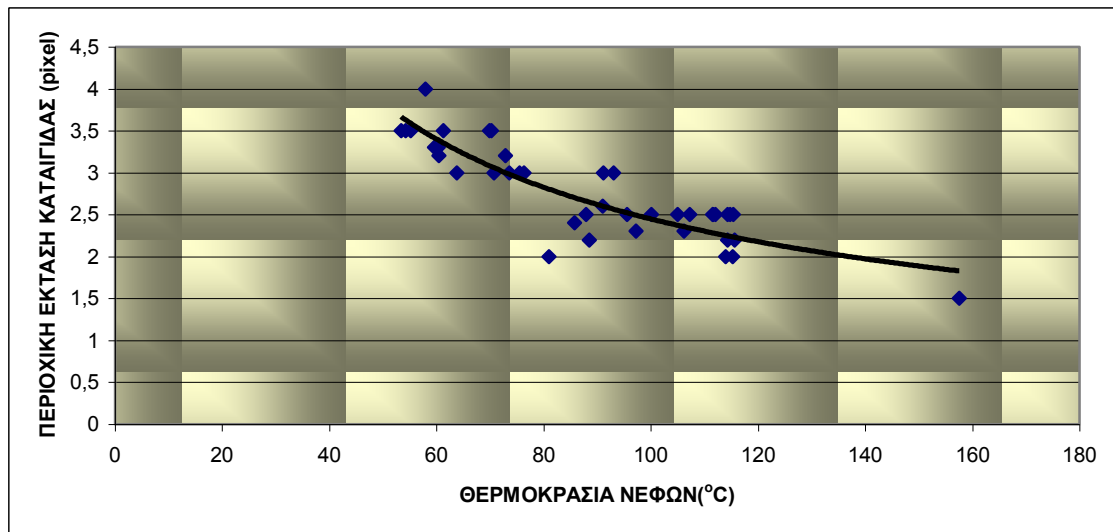
Στον προηγούμενο πίνακα και για τις δύο μεταβλητές CTT – AREA εφαρμόστηκε πλήθος τύπων με σκοπό τον εντοπισμό εκείνου με τον καλύτερο συντελεστή συσχέτισης. Η εμπειρική σχέση που βρέθηκε είναι η εξής:

$$AREA = 47.312 * CTT^{-0.6431} \quad (2.4)$$

όπου:

- ✓ AREA η περιοχική έκταση της βροχής από δορυφορικές εικόνες (pixel) και
- ✓ CTT η ελάχιστη θερμοκρασία της κορυφής των νεφών (°C)

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η γραφική απεικόνιση της εξίσωσης 2.4.



Εικόνα 2.14: Διάγραμμα συσχέτισης θερμοκρασίας νεφών με την περιοχική έκταση της βροχής.

Η τιμή του συντελεστή συσχέτισης R για την εξίσωση 2.4 είναι 0.86 γεγονός που καθιστά την εξίσωση έγκυρη και εφαρμόσιμη.

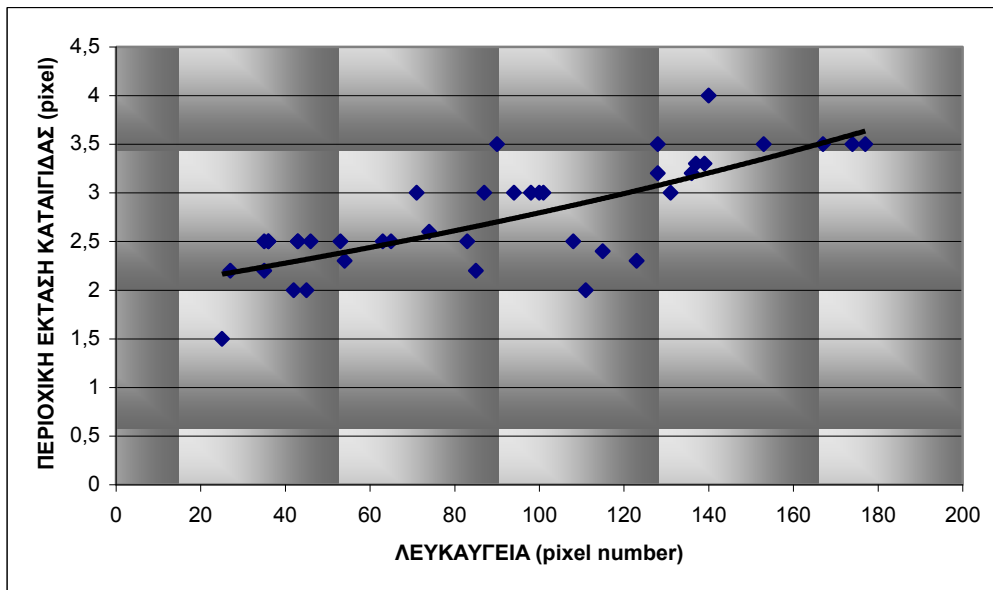
## 2.8. Εμπειρική σχέση της περιοχικής έκτασης της βροχής (AREA) με την λευκαύγεια (albedo).

Παράλληλα, διενεργήθηκε έρευνα για την αποκόμιση μίας ακόμη σχέσης η οποία όμως είναι αποτέλεσμα της συσχέτισης της περιοχικής έκτασης της βροχής με την λευκαύγεια. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε είναι όμοια με αυτή της προηγούμενης σχέσης. Ήτοι, συγκεντρώθηκε εκ νέου πλήθος σαράντα τυχαίων περιπτώσεων, για τις οποίες υπολογίσθηκε η περιοχική έκταση της βροχής σε pixel και η αντίστοιχη λευκαύγεια. Στον πίνακα 2.10 που ακολουθεί παρουσιάζεται ένα μέρος της διαδικασίας που περιγράφηκε. Οι υπόλοιπες τιμές δίνονται σε πίνακες του παραρτήματος 3.

**Πίνακας 2.10: Περιοχική έκταση της βροχής με την αντίστοιχη λευκαύγεια.**

Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Περιοχική έκταση της βροχής (pixel)	Λευκαύγεια (pixel number)
ΑΓΙΑ	7/5/1998	2,7	63
ΑΓΙΑ	8/5/1998	2	42
ΑΓΙΑ	9/5/1998	3,5	147
ΑΓΙΑ	9/5/1998	3,5	167
ΑΓΙΑ	9/5/1998	3	80
ΑΓΙΑ	9/5/1998	3	87
ΑΓΙΑ	10/5/1998	2,8	111
ΑΓΙΑ	15/5/1998	2,5	65
ΑΓΙΑ	15/5/1998	2,2	76
ΑΓΙΑ	16/5/1998	3	85
ΑΓΙΑ	16/5/1998	3	119
ΑΓΙΑ	18/5/1998	2,4	51
ΑΓΙΑ	18/5/1998	2,6	46
ΑΓΙΑ	18/5/1998	2	47
ΑΓΙΑ	18/5/1998	3	101
ΑΓΙΑ	18/5/1998	3,3	152
ΑΓΙΑ	19/5/1998	3	98
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	2,5	46
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	2	45
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	2,5	35
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	2	111

Η γραφική απεικόνιση της προαναφερθείσας διαδικασίας παρουσιάζεται στο διάγραμμα 2.15.



Εικόνα 2.15: Διάγραμμα συσχέτισης της περιοχικής έκτασης της βροχής με την λευκαύγεια.

Έπειτα, με την προσθήκη της γραμμής τάσης προέκυψε η εξής εξίσωση:

$$AREA = 1.986 * e^{0.003 * ALBEDO} \text{ με } R = 0.73 \quad (2.5)$$

όπου:

AREA η περιοχική έκταση της βροχής (pixel)

ALBEDO η λευκαύγεια (pixel number)

### 2.8.1. Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής.

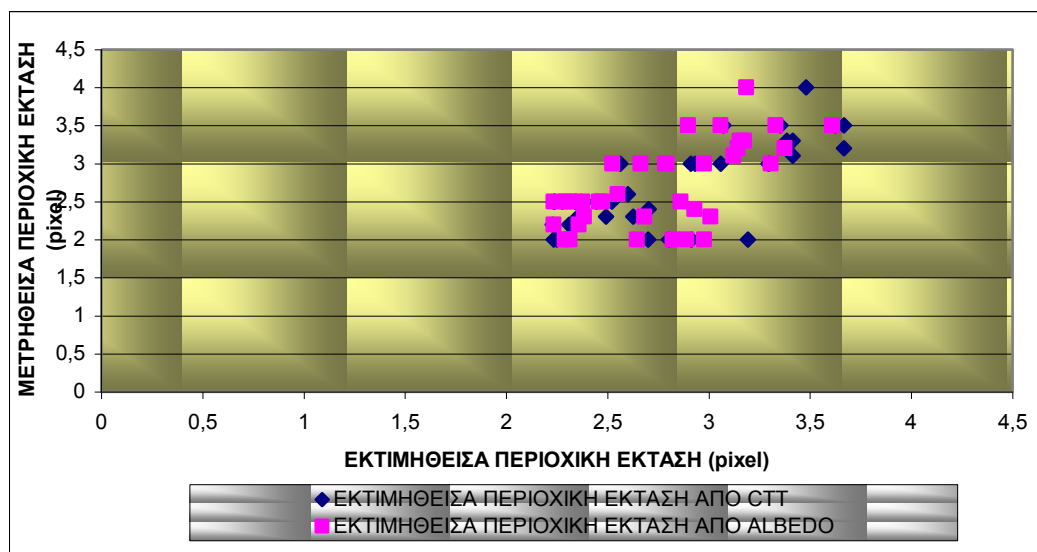
Στο τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας χρησιμοποιήθηκε ο διαχωρισμός της βροχόπτωσης σε κλάσεις μεγέθους, όπως είχε γίνει σε προηγούμενο βήμα, αναφορικά με το ύψος βροχής (mm). Ακολούθησε ο υπολογισμός της περιοχικής έκτασης της βροχής για την κάθε κλάση με βάση τις εξισώσεις 2.4 και 2.5. Με τη βοήθεια των εικόνων του ορατού φάσματος της ακτινοβολίας, υπολογίστηκε η περιοχική έκταση της βροχής η οποία συγκρίθηκε με τις εκτιμηθείσες τιμές που βρέθηκαν με την χρήση των εξισώσεων που αναφέρθηκε προηγουμένως. Για την πλήρη κατανόηση της μεθόδου

ακολουθεί πίνακας και γραφική απεικόνιση για όλες τις κλάσεις με σειρά μεγέθους από την μικρότερη στην μεγαλύτερη. Αναλυτικότερα για την πρώτη κλάση (0,8-2,5mm) παρουσιάζεται ενδεικτικός πίνακας των τιμών όπως υπολογίσθηκαν. Οι υπόλοιπες τιμές της κλάσης αυτής εξαιτίας του πλήθους παρατηρήσεων παρουσιάζεται εξ' ολοκλήρου στο παράρτημα 3.

**Πίνακας 2.11: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής για κλάση μεγέθους 0,8 - 2,5mm.**

Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Μετρηθείσα περιοχική έκταση βροχής (pixel)	Εκτιμηθείσα περιοχική έκταση βροχής από CTT (pixel)	Εκτιμηθείσα περιοχική έκταση βροχής από albedo (pixel)
ΑΓΙΑ	7/5/1998	2,7	2,233768649	2,288642664
ΑΓΙΑ	8/5/1998	2	3,06006179	2,664260252
ΑΓΙΑ	9/5/1998	3,5	2,446073451	2,473492717
ΑΓΙΑ	9/5/1998	3,5	2,239564456	2,319767912
ΑΓΙΑ	9/5/1998	3	2,251203576	2,311947139
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	8/5/1998	3	2,27533132	2,235175004
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	2,8	2,803844503	2,889188841
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	2,5	2,91229166	2,793248414
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	2,2	2,229217515	2,235175004
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	3	2,233244223	2,296384604
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	2/5/1998	3	2,493017105	3,00867703
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	29/5/1998	2,4	2,372502282	2,456842762

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η γραφική συσχέτιση των δεδομένων του πίνακα 2.11.



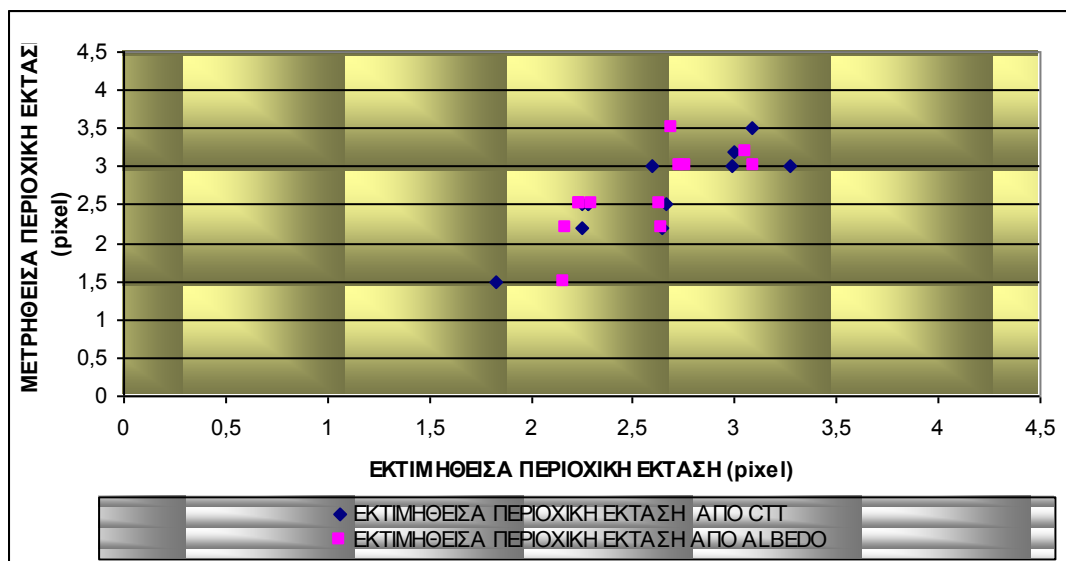
Εικόνα 2.16: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής για κλάση μεγέθους 0,8-2,5mm.

Όμοια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τις υπόλοιπες κλάσεις του ύψους βροχής. Τα αποτελέσματα για την κλάση 2,6 – 7,5mm παρουσιάζονται στον πίνακα 2.12.

Πίνακας 2.12: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής για κλάση μεγέθους 2,6 – 7,5mm.

Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Μετρηθείσα περιοχική έκταση βροχής (pixel)	Εκτιμηθείσα περιοχική έκταση βροχής από CTT (pixel)	Εκτιμηθείσα περιοχική έκταση βροχής από albedo (pixel)
ΑΓΙΑ	8/5/1998	2,5	2,245330657	2,242736075
ΑΓΙΑ	8/5/1998	2,2	2,245330657	2,175596932
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	2,5	2,281529549	2,296384604
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	2,5	2,281529549	2,242736075
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	3	3,269347118	3,091068751
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	3,5	3,080751085	2,691389514
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	3	2,982517497	2,765092412
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	2,2	2,646967046	2,646326172
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	2,5	2,659879568	2,628512813
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	3	2,597718075	2,727992068
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	3,2	3,001168664	3,059910714
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1998	1,5	1,827286164	2,160952218

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η γραφική συσχέτιση των δεδομένων του πίνακα 2.12.



Εικόνα 2.17: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής για κλάση μεγέθους 2,6-7,5mm.

Τέλος, τα αποτελέσματα για κλάση μεγέθους  $> 7,5\text{mm}$  παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

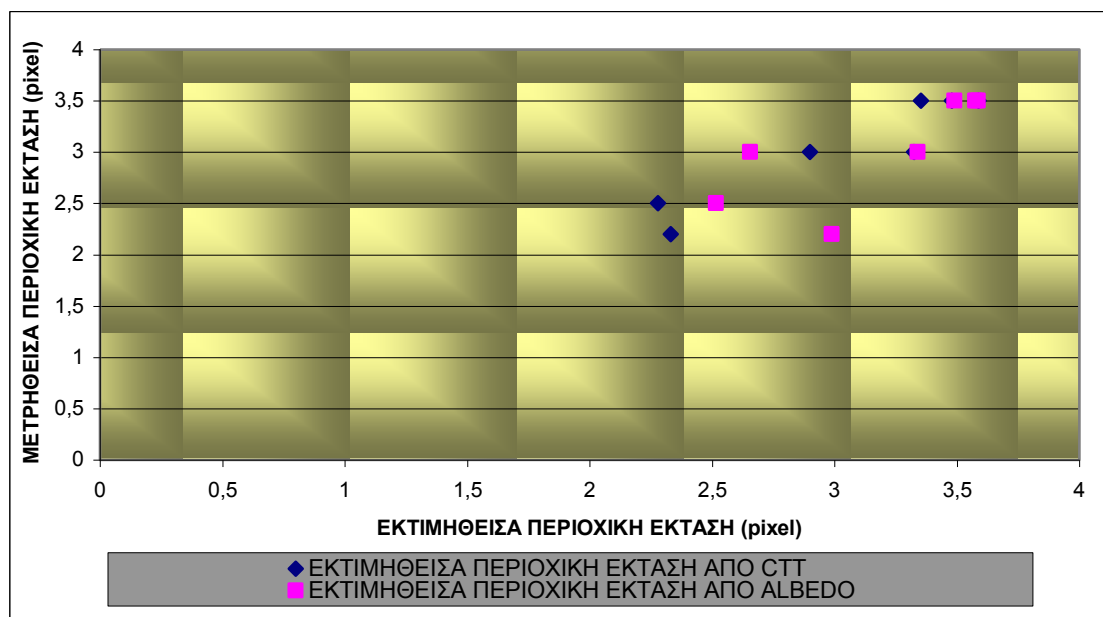
Πίνακας 2.13: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής για κλάση μεγέθους  $>7,5\text{mm}$ .

Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Μετρηθείσα περιοχική έκταση βροχής (pixel)	Εκτιμηθείσα περιοχική έκταση βροχής από CTT (pixel)	Εκτιμηθείσα περιοχική έκταση βροχής από albedo (pixel)
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	3,5	3,587225036	3,574160468
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	3,5	3,353077799	3,490660322
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	18/5/1998	3	2,900590466	2,655278071
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	2,5	2,279123261	2,51561294
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	2,2	2,331231683	2,988424559
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	3,5	3,479228414	3,586251012
ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ	14/5/1998	3	3,323786604	3,340729492

Στη συνέχεια ακολουθεί η γραφική παράσταση για τα δεδομένα του πίνακα

2.13.





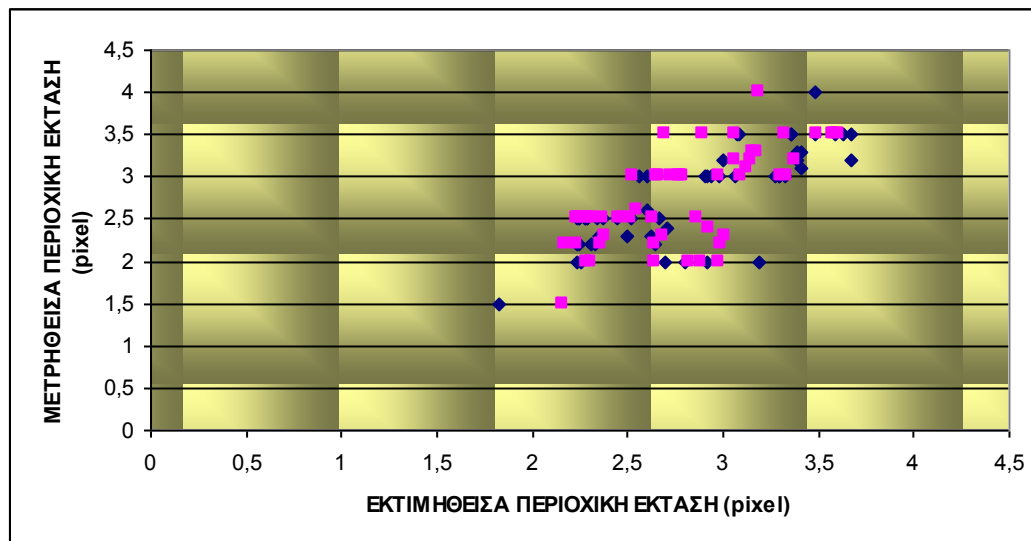
Εικόνα 2.18: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής για κλάση μεγέθους >7,5mm.

Στο τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας ακολουθήθηκε όμοια διαδικασία, στην περίπτωση αυτή, για το σύνολο των κλάσεων του ύψους βροχής. Ο πίνακας 2.14 που ακολουθεί, εκπροσωπεί ένα μέρος των αποτελεσμάτων. Ολόκληρη η διαδικασία παρουσιάζεται σε πίνακα του παραρτήματος.

**Πίνακας 2.14: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής για όλες τις κλάσεις μεγέθους.**

Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Μετρηθείσα περιοχική έκταση βροχής (pixel)	Εκτιμηθείσα περιοχική έκταση βροχής από CTT (pixel)	Εκτιμηθείσα περιοχική έκταση βροχής από albedo (pixel)
ΖΑΓΟΡΑ	27/5/1998	2,2	2,331507031	2,401128199
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	3,2	3,68627053	3,398649613
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	3,1	3,433772341	3,151852485
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	3	3,316475782	3,332463416
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	10/5/1998	3	3,316475782	3,01048784
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	15/5/1998	2,3	2,648174758	2,719620864
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	09/05/98	2	3,213641355	3,01048784
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	09/05/98	2	2,934754097	2,85667524
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	09/05/98	2	2,720817315	2,684196851
ΖΑΓΟΡΑ	06/05/99	2,2	2,351927724	3,020371598
ΖΑΓΟΡΑ	09/05/98	3,5	3,498987656	3,605200316
ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ	14/05/98	3	3,343874872	3,36539381

Η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων δίνεται στο διάγραμμα 2.19 που ακολουθεί.



Εικόνα 2.19: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής για όλες τις κλάσεις μεγέθους.

## 2.9. Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας (MXRFL) του RADAR.

Στο τρέχον στάδιο της επεξεργασίας, χρησιμοποιήθηκε ένας εμπειρικός αλγόριθμος για τον υπολογισμό της ανακλαστικότητας του RADAR. Ο πίνακας 2.15 που ακολουθεί, παρουσιάζει τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή της εξίσωσης της ανακλαστικότητας του RADAR (Dalezios *et al*, 2000).

**Πίνακας 2.15: Δεδομένα θερμοκρασίας νεφών με αντίστοιχη ανακλαστικότητα.**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΦΩΝ (° C)	ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ RADAR (dbz)
6/4/1994	-2	17
6/4/1994	-36	23
6/4/1994	-36	28
6/4/1994	-33	13
6/4/1994	-32	17
6/4/1994	-35	18
8/4/1994	-26	23
8/4/1994	-31	13

Τα αποτελέσματα που αναμένεται να δώσει η συγκεκριμένη εξίσωση, είναι τιμές ανακλαστικότητας μικρότερες του 40dBz. Γενικά, όσο μεγαλύτερες είναι οι τιμές της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR τόσο πιο έντονη είναι και η βροχόπτωση. Για ασθενείς βροχοπτώσεις μπορούν να υπάρξουν καταγραφές της τάξης των 14 με 22dbz. Αντίθετα οι υψηλότερες τιμές MXRFL δηλώνουν την ύπαρξη χαλαζιού ή και έντονων καταγίδων και όχι ασθενών βροχοπτώσεων. Η σχέση που χρησιμοποιήθηκε είναι η εξής:

$$MXRFL = 16.5852 + 0.0295844 * AREA , R= 0.35 \quad (2.6)$$

όπου:

MXRFL η μέγιστη ανακλαστικότητα του RADAR (dbz)

AREA η τιμή της περιοχικής έκτασης της βροχής (pixel)

Ομοίως χρησιμοποιήθηκε και δεύτερη εμπειρική εξίσωση για τον υπολογισμό της ανακλαστικότητας, η οποία τη συνέδεσε με την ελάχιστη θερμοκρασία των νεφών και με την ανακλαστικότητα αυτών όπως φαίνεται και στην ακολουθείσα σχέση:

$$MXRFL = 13.4337 + \frac{101.429}{CTT} , R=0.33 \quad (2.7)$$

όπου:

MXRFL η μέγιστη ανακλαστικότητα του RADAR (dbz)

CTT η τιμή της ελάχιστης θερμοκρασίας των νεφών (° C)

Ένας ενδεικτικός πίνακας των αποτελεσμάτων που βρέθηκαν με την χρήση των εξισώσεων 2.6 και 2.7 παρουσιάζεται παρακάτω (Dalezios *et al*, 2001). Τα υπόλοιπα αποτελέσματα δίνονται σε πίνακες του παραρτήματος 5.

**Πίνακας 2.16: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR.**

Δ.Δ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	CTT (°C)	AREA (pixel)	MXRFL <sub>ctt</sub> (dbz)	MXRFL <sub>area</sub> (dbz)
ΑΓΙΑ	7/5/98	98,29	2,234	17,924	16,692
ΑΓΙΑ	8/5/98	70,67	3,060	19,880	16,685
ΑΓΙΑ	9/5/98	91,11	2,446	18,321	16,694
ΑΓΙΑ	9/5/98	97,82	2,240	17,934	16,684
ΑΓΙΑ	9/5/98	95,90	2,251	17,954	16,685
ΑΓΙΑ	9/5/98	94,03	2,275	17,997	16,661
ΑΓΙΑ	10/5/98	80,96	2,804	19,151	16,655
ΑΓΙΑ	15/5/98	76,32	2,912	19,445	16,654
ΑΓΙΑ	15/5/98	98,65	2,229	17,916	16,686
ΑΓΙΑ	16/5/98	88,33	2,233	17,923	16,688
ΑΓΙΑ	16/5/98	97,19	2,493	18,418	16,680
ΑΓΙΑ	18/5/98	98,98	2,373	18,176	16,671
ΑΓΙΑ	18/5/98	85,76	2,702	18,893	16,665
ΑΓΙΑ	18/5/98	95,56	2,520	18,476	16,676
ΑΓΙΑ	18/5/98	96,37	2,311	18,061	16,662
ΑΓΙΑ	18/5/98	53,34	3,667	22,115	16,672
ΑΓΙΑ	19/5/98	59,61	3,414	21,091	16,652
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/98	62,95	3,296	20,662	16,652
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/98	62,95	3,296	20,662	16,653
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/98	89,58	2,627	18,715	16,653
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/98	54,27	3,626	21,941	16,682
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/98	60,46	3,383	20,976	16,676
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/98	97,29	2,234	22,115	16,692
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/98	70,67	3,060	17,924	16,685
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/98	98,11	2,446	19,880	16,694
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/98	87,82	2,240	18,321	16,684

Παρατηρείται λοιπόν ότι οι τιμές που βρέθηκαν με την χρήση των εξισώσεων 2.6 και 2.7 είναι αρκετά χαμηλότερες του 40, γεγονός που καθιστά την εξίσωση εφαρμόσιμη και σε περισσότερες περιπτώσεις.

## 2.10. Υπολογισμός της κορυφής της ηχώ του RADAR (ETOP).

Στο στάδιο αυτό της επεξεργασίας χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικά δεδομένα για τον υπολογισμό της κορυφής της ηχώ του RADAR. Τα RADAR εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ενέργεια από ένα κεντρικό σημείο και λαμβάνουν την ανακλώμενη ενέργεια. Καθορίζεται η συχνότητα λειτουργίας του RADAR και η πηγή των των μικροκυμάτων είναι μια ειδική λυχνία που ονομάζεται ‘magnetron’. Ο δέκτης πρέπει να συντονιστεί στη συχνότητα ‘magnetron’. Το RADAR περιστρέφεται με σταθερή ταχύτητα και λαμβάνει ‘ηχούς’ της ανακλώμενης ενέργειας σε μια οθόνη που ονομάζεται ένδειξη επίπεδης θέσης. (PPI: Plan Position Indicator). Επάνω στο PPI του RADAR, το σχήμα, το μέγεθος και οι θέσεις των περιοχών της βροχής μεταβάλλονται συνεχώς. (Δαλέζιος, 2002). Στον πίνακα 2.17 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή της εμπειρικής εξίσωσης προσδιορισμού του ETOP.

**Πίνακας 2.17: Δορυφορικά δεδομένα και δεδομένα RADAR για την διεξαγωγή εμπειρικών αλγορίθμων.**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ETOP (km)	CTT (° C)	AREA (pixel)	MXRFL (dbz)
6/4/1994	4,1	-2	5	17
6/4/1994	7,6	-36	190	23
6/4/1994	7,1	-36	130	28
6/4/1994	6,8	-33	116	13
6/4/1994	5,5	-32	85	17
6/4/1994	6,3	-35	47	18
8/4/1994	5,6	-26	25	23
8/4/1994	5,6	-31	55	13

Συνδυάζοντας τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα, προκύπτουν οι ακόλουθες εξισώσεις :

$$ETOP = 3.22653 * AREA^{0.154258}, R=0.92 \quad (2.8)$$

όπου:

ETOP η κορυφή της ηχώ του RADAR (km)

AREA η περιοχική έκταση της βροχής (pixel)

Για την παραπάνω εξίσωση, το ETOP υπολογίστηκε δύο φορές, αρχικά βάσει της περιοχικής έκτασης της βροχής όπως προέκυψε σε σχέση με την ελάχιστη θερμοκρασία των νεφών και στη συνέχεια όπως βρέθηκε η περιοχή βάσει της λευκαύγειας.

Μέρος της διαδικασίας παρουσιάζεται στον πίνακα 2.18 που ακολουθεί. Οι τιμές στο σύνολό τους δίνονται σε πίνακες του παραρτήματος 4.

**Πίνακας 2.18: Υπολογισμός της κορυφής της ηχώ (ETOP).**

Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	AREA <sub>ctt</sub> (pixel)	AREA <sub>albedo</sub> (pixel)	ETOP <sub>areactt</sub> (km)	ETOP <sub>areaalbedo</sub> (km)
ΑΓΙΑ	8/5/1998	2,233768649	2,288642664	3,652394	3,666093
ΑΓΙΑ	9/5/1998	3,06006179	2,664260252	3,8341	3,75305
ΑΓΙΑ	15/5/1998	2,446073451	2,473492717	3,703908	3,710283
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	2,239564456	2,319767912	3,653854	3,67374
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	2,251203576	2,311947139	3,656777	3,671827
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	2,27533132	2,235175004	3,662796	3,652749
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	2,803844503	2,889188841	3,78273	3,800267
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/1998	2,91229166	2,793248414	3,804939	3,780521
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	2,229217515	2,235175004	3,651245	3,652749
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	2,233244223	2,296384604	3,652262	3,668003
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	2,493017105	3,00867703	3,714786	3,824098
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	2,372502282	2,456842762	3,686501	3,706419
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	2,701886349	2,92848144	3,761177	3,808194
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	2,520285942	2,860065757	3,721025	3,794332

Ομοίως υπολογίστηκε εκ νέου η κορυφή της ηχώ, στη συγκεκριμένη περίπτωση σε σχέση με την ελάχιστη θερμοκρασία της κορυφής των νεφών. Η εξίσωση 2.9 που ακολουθεί, εφαρμόστηκε στο πλήθος των δεδομένων του πίνακα 2.17.

$$ETOP = 13.2331 - 2.4159 * \ln(CTT), R=0.9 \quad (2.9)$$

όπου:

ETOP η κορυφή της ηχώ του RADAR (km)

CTT η ελάχιστη θερμοκρασία της κορυφής των νεφών (° C)

Στο τελικό στάδιο υπολογίσθηκε η μέγιστη ανακλαστικότητα του RADAR με τη βοήθεια της κορυφής της ηχώ όπως προέκυψε από τις εξισώσεις 2.8 και 2.9.

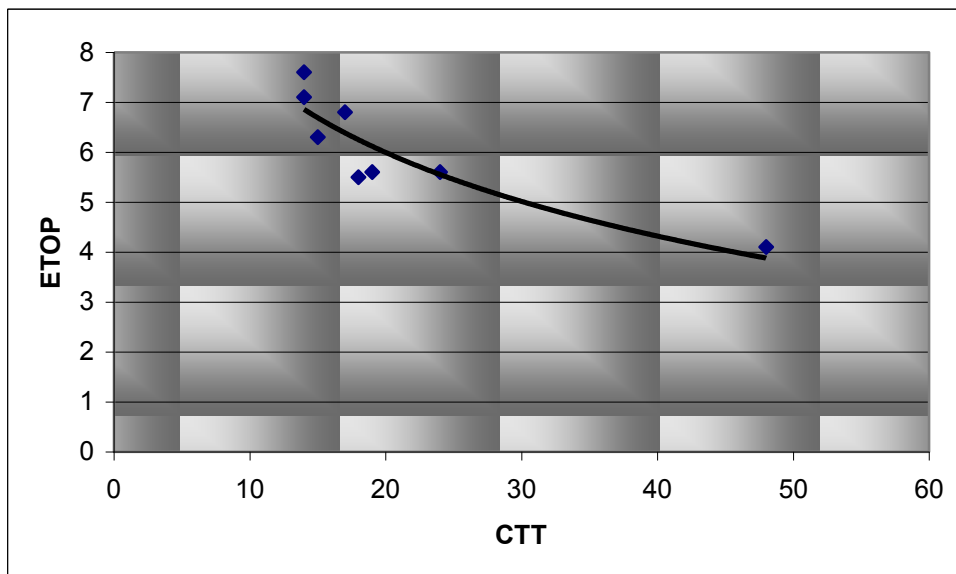
$$MXRFL = 3.17816 + 9.03297\sqrt{ETOP}, R=0.4 \quad (2.10)$$

όπου:

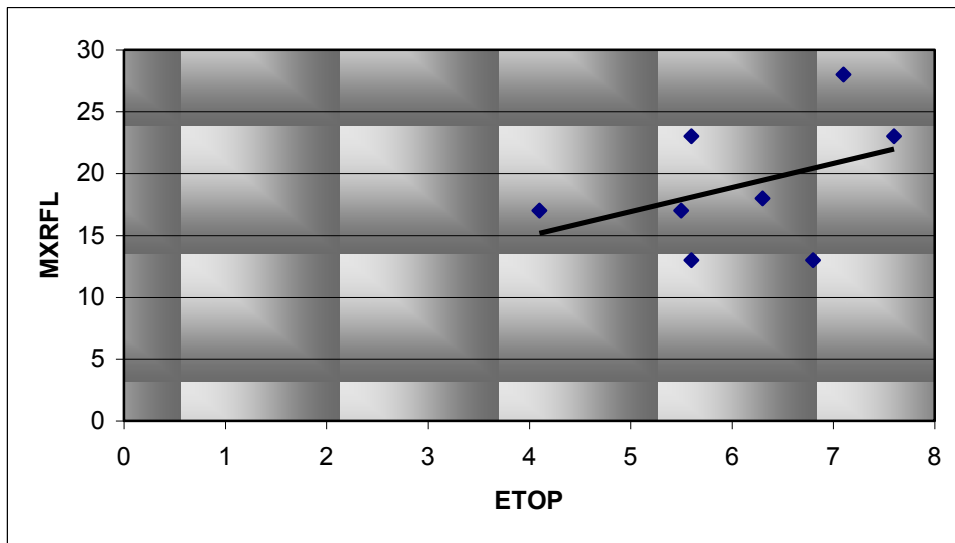
MXRFL η μέγιστη ανακλαστικότητα του RADAR (dbz)

ETOP η κορυφή της ηχώ του RADAR (km)

Η γραφική απεικόνιση των εξισώσεων 2.9 και 2.10 παρουσιάζεται στα διαγράμματα 2.20 και 2.21 αντίστοιχα.



Εικόνα 2.20: Συσχέτιση της θερμοκρασίας κορυφής των νεφών με την κορυφή της ηχώ του RADAR.



Εικόνα 2.21: Συσχέτιση της κορυφής της ηχώ του RADAR με την μέγιστη ανακλαστικότητα.

Μέρος των αποτελεσμάτων των εξισώσεων 2.9 και 2.10 παρουσιάζονται στον πίνακα 2.19. Οι τιμές στο σύνολό τους δίνονται σε πίνακες του παραρτήματος 5 (Dalezios *et al*, 2000).



**Πίνακας 2.19: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR για διαφορετικά ύψη καταιγίδας.**

Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	MXRFL <sub>etoparea ctt</sub> (dbz)	MXRFL <sub>etopalbedo</sub> (dbz)	MXRFL <sub>etopctt</sub> (dbz)
ΑΓΙΑ	8/5/1998	20,44128393	20,47362777	15,17460351
ΑΓΙΑ	9/5/1998	20,86549111	20,67754245	18,68270448
ΑΓΙΑ	15/5/1998	20,56259919	20,5775522	16,28331125
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	20,44473452	20,49165689	15,20766283
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	20,45163916	20,48714785	15,27352366
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	20,46584808	20,44212197	15,4078597
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	20,74660139	20,78727818	17,79279369
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/1998	20,79809868	20,74147158	18,18547985
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	20,43856857	20,44212197	15,14851941
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	20,4409713	20,47813329	15,17160344
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	20,5881068	20,84240383	16,50376876
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	20,52169953	20,56849056	15,92116438
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	20,69648066	20,80563426	17,39904378
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	20,60272098	20,77352367	16,6283053
ΖΑΓΟΡΑ	27/5/1998	20,48650238	20,51421972	15,60034961
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	21,11405246	20,99953213	20,37848221
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	21,01538158	20,89308726	19,72892187
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	20,96724721	20,97170239	19,40125609
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	10/5/1998	20,96724721	20,82860626	19,40125609
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	15/5/1998	20,65872948	20,68666091	17,09434448

### 2.11. Εκτίμηση βροχόπτωσης με την βοήθεια της ανακλαστικότητας (σχέση Z-R).

Στο στάδιο αυτό της επεξεργασίας και για τα έτη 1998-2000 λήφθηκαν οι τιμές βροχόπτωσης μεγέθους μεγαλύτερο ή και ίσο των 2,5mm. Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν οι αντίστοιχες τιμές ανακλαστικότητας, όπως αυτή προέκυψε από τη κορυφή της ηχώ του RADAR, για τις συγκεκριμένες περιπτώσεις. Οι παραπάνω τιμές παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 2.20.

Πίνακας 2.20: Ύψη νετού με αντίστοιχες ανακλαστικότητες.

Δ. ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ RADAR (dbz)	ΥΨΟΣ ΥΕΤΟΥ (mm)
ΑΓΙΑ	8/5/1998	17,87	2,6
ΑΓΙΑ	8/5/1998	17,56	3,6
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	18,33	4,6
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	19,03	4,8
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	19,10	2,7
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	17,48	3,0
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	17,56	4,0
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	18,48	3,8
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	18,25	3,2
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	18,17	6
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	20,37	5,8
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1998	19,10	8,8
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	21,73	8,4
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	21,53	8,2
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	18/5/1998	20,32	9
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	20,00	7,8
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	20,16	2,6

Έπειτα από συσχέτιση των παραπάνω τιμών προέκυψε η εμπειρική σχέση Z-R.

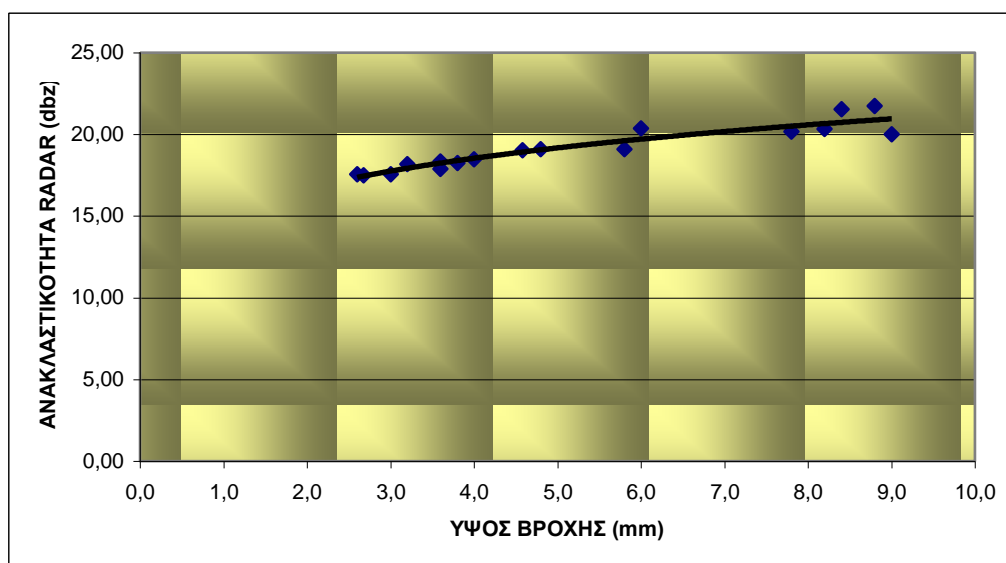
$$Z = 15.037 * R^{0.15} , \text{ με } R = 0.94 \quad (2.11)$$

όπου:

Z η ανακλαστικότητα του RADAR(dbz)

R το ύψος βροχής (mm)

Η διεργασία απεικονίζεται στο διάγραμμα 2.22 που ακολουθεί.



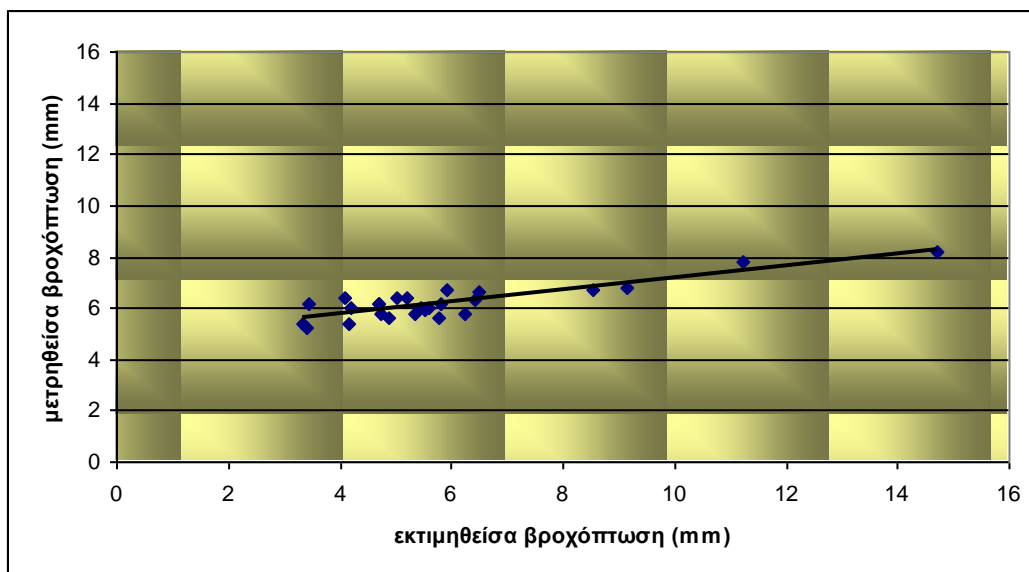
Εικόνα 2.22: Συσχέτιση ύψους βροχόπτωσης με αντίστοιχη ανακλαστικότητα.

Η σχέση 2.11 χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του ύψους βροχής προηγούμενων ετών λόγω της έλλειψης δεδομένων της χρονοσειράς 1998 – 2000. Στη συνέχεια, έγινε σύγκριση των εκτιμηθέντων τιμών υετού και των πραγματικών τιμών όπως αυτές καταγράφηκαν από τους επίγειους σταθμούς. Η προαναφερθείσα διαδικασία παρουσιάζεται εξ' ολοκλήρου στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας 2.21: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας βροχόπτωσης.**

Δ.Δ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ	Μετρηθείσα βροχόπτωση (mm)	Εκτιμηθείσα βροχόπτωση (mm)
ΖΑΓΟΡΑ	5/5/1993	11.00	6,2	4,682552
ΖΑΓΟΡΑ	5/5/1993	12.00	6,4	4,100039
ΖΑΓΟΡΑ	5/5/1993	13.00	6	4,203477
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1994	21.00	5,8	6,232198
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1994	22.00	7,8	11,22962
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1994	23.00	8,2	14,71834
ΖΑΓΟΡΑ	1/5/1997	0.00	6,2	4,694852
ΖΑΓΟΡΑ	1/5/1997	1.00	5,6	4,875024
ΖΑΓΟΡΑ	1/5/1997	6.00	5,8	5,355589
ΖΑΓΟΡΑ	1/5/1997	7.00	6,3	6,405121
ΖΑΓΟΡΑ	1/5/1997	9.00	5,9	5,525836
ΖΑΓΟΡΑ	1/5/1997	10.00	6,4	5,200184
ΖΑΓΟΡΑ	1/5/1997	15.00	6,7	5,91988
ΖΑΓΟΡΑ	1/5/1997	16.00	6,2	5,813858
ΑΓΙΑ	7/5/1994	6.00	6,6	6,502586
ΑΓΙΑ	7/5/1994	7.00	5,6	5,77356
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	7/5/1997	5.00	5,4	3,33502
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	30/5/1996	9.00	5,8	4,720013
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	30/5/1996	15.00	5,4	4,145057
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	6/5/1994	19.00	6	5,461781
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	11/5/1994	17.00	6,2	3,458521
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	25/5/1993	19.00	6	5,578928
ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ	6/5/1994	16.00	6,8	9,134181
ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ	11/5/1994	16.00	5,2	3,425429
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	2/5/1994	18.30	6,4	5,019286
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	6/5/1994	17.00	6,7	8,52082

Η γραφική απεικόνιση της συσχέτισης των τιμών του προηγούμενου πίνακα φαίνεται στο διάγραμμα 2.23.



Εικόνα 2.23: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας βροχόπτωσης.

## 2.12. Σύνοψη αλληλουχίας εμπειρικών εξισώσεων

Στο τελικό στάδιο της μεθοδολογίας παρουσιάζεται ένας συνοπτικός πίνακας όλων των εμπειρικών εξισώσεων που προέκυψαν από τα διάφορα στάδια επεξεργασίας.

**Πίνακας 2.22: Σύνοψη αλληλουχίας εξισώσεων.**

Μετατροπή των τιμών των pixels σε ακτινοβολία	$Radiation = (COUNT - IRSPC) * IRCAL$ (2.1)
Επιφανειακή θερμοκρασία	$T = b / (\ln(R) - a)$ (2.2)
Λευκαύγεια σε σχέση με την θερμοκρασία νεφών	$ALBEDO = 276061 * CTT^{-1.8355}$ , R=0.92 (2.3)
Περιοχική έκταση καταιγίδας σε σχέση με την θερμοκρασία νεφών	$AREA = 47.312 * CTT^{-0.6431}$ , R=0.86 (2.4)
Περιοχική έκταση καταιγίδας σε σχέση με την λευκαύγεια	$AREA = 1.986 * e^{0.003 * ALBEDO}$ , R=0.73 (2.5)
Μέγιστη ανακλαστικότητα RADAR σε σχέση με AREA	$MXRFL = 16.5852 + 0.0295844 * AREA$ , R=0.35 (2.6)
Μέγιστη ανακλαστικότητα RADAR σε σχέση με CTT	$MXRFL = 13.4337 + \frac{101.429}{CTT}$ , R=0.33 (2.7)
Κορυφή της ηχώ του RADAR σε σχέση με την περιοχική έκταση	$ETOP = 3.22653 * AREA^{0.154258}$ , R=0.92 (2.8)
Κορυφή της ηχώ του RADAR σε σχέση με την θερμοκρασία νεφών	$ETOP = 13.2331 - 2.4159 * \ln(CTT)$ , R=0.9 (2.9)
Μέγιστη ανακλαστικότητα RADAR	$MXRFL = 3.17816 + 9.03297 \sqrt{ETOP}$ , R=0.4 (2.10)
Σχέση ύψους νετού με ανακλαστικότητα	$Z = 15.037 * R^{0.15}$ , R=0.94 (2.11)

## **A: ΑΚΡΑΙΑ ΚΑΙΡΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ – ΚΑΤΑΙΓΙΔΕΣ**

### **A.1. Υετός**

Η βροχή αποτελεί μια από τις σπουδαιότερες μετεωρολογικές παραμέτρους. Η μελέτη της παρουσιάζει όχι μόνο θεωρητικό, αλλά και πρακτικό ενδιαφέρον. Στη βροχή, εκείνο που ενδιαφέρει περισσότερο, είναι η ποσότητα νερού που πέφτει σε μια επιφάνεια. Αυτή εκφράζεται με το ύψος βροχής που ορίζεται σαν εκείνο, στο οποίο θα έφτανε η στάθμη του νερού της βροχής, αν έπεφτε πάνω σε μια οριζόντια επιφάνεια. Το ύψος βροχής προσδιορίζεται με τα βροχόμετρα και τους βροχογράφους. Διεθνώς, μονάδα μέτρησης του ύψους βροχής είναι το mm ή cm. Στην πράξη, λέγοντας βροχή ύψους 1 mm, νοείται η βροχόπτωση εκείνη που αποδίδει ποσότητα νερού ίση με 1 kgf πάνω σε επιφάνεια 1 m<sup>2</sup>.

Για την μελέτη της γεωγραφικής κατανομής του υετού χρησιμοποιείται το μέσο ύψος βροχής (ετήσιο ή μηνιαίο), που είναι το αποτέλεσμα μετρήσεων πολλών ετών και που πραγματοποιούνται ταυτόχρονα σε ένα μεγάλο πλήθος σταθμών.

Στην ελληνική περιοχή τα μεγαλύτερα ύψη βροχής (ετήσια) σημειώνονται πάνω από τις ορεινές και τις δυτικές περιοχές. Από το γεγονός αυτό γίνεται φανερό ότι το ανάγλυφο παίζει σημαντικό ρόλο στην κατανομή της βροχόπτωσης πάνω από τη χώρα μας (Φλόκας, 1997; Levizanni *et al*, 2002).

### **A.2. Ακραία καιρικά φαινόμενα**

Ένα καιρικό φαινόμενο χαρακτηρίζεται ως ακραίο είτε από την ένταση του, είτε από την διάρκεια του ή και από την συχνότητα επανεμφάνισης του. Η σχέση ένταση -

διάρκεια - συχνότητα χαρακτηρίζουν ένα εκδηλωθέν ακραίο καιρικό φαινόμενο το οποίο είναι δυνατό με την σειρά του να προκαλέσει μια εκτεταμένη φυσική καταστροφή. Γενικά μεγάλης κλίμακας ακραία καιρικά φαινόμενα δεν λαμβάνουν χώρα τόσο συχνά ώστε να θεωρούνται ως τα σημαντικότερα, ενώ τα ακραία καιρικά φαινόμενα μικρής κλίμακας είναι συχνότερα, προκαλώντας καταστροφές σε μικρές περιοχές του πλανήτη. Οι συνέπειες ενός ακραίου καιρικού φαινομένου υπολογίζονται από την σχέση της έντασης του συγκεκριμένου φαινομένου με τη συχνότητα επανεμφάνισης του στην ίδια περιοχή.

Αντικειμενικά είναι πολύ δύσκολο να ορισθεί μία τιμή μεγέθους πάνω από την οποία ένα καιρικό φαινόμενο θα μπορεί να χαρακτηρίζεται ως ακραίο και αυτό γιατί στο χαρακτηρισμό ενός φαινομένου ως ακραίο συνηγορούν πολύ παράγοντες. Σε πολλές περιπτώσεις ο χαρακτηρισμός ενός καιρικού φαινομένου ως ακραίου είναι αποτέλεσμα των καταστροφών ή ακόμη και των θανάτων που προκάλεσε σε μία περιοχή.

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες αναπτύσσονται πολλές θεωρίες οι οποίες υποστηρίζουν ότι η φυσική μεταβλητότητα του κλίματος συχνά οδηγεί σε ακραία καιρικά φαινόμενα και καταστροφές. Σε χρονική κλίμακα μερών, μηνών ή ακόμα και ετών, μπορεί να παράγονται κύματα καύσωνα, πλημμύρες, έντονες καταιγίδες και άλλα ακραία φαινόμενα λόγω της φυσικής διακύμανσης του καιρού και του κλίματος. Ένα ακραίο καιρικό φαινόμενο αποτελεί μια κατάσταση που απέχει σημαντικά από την κανονική- φυσιολογική μορφή του κλιματικού συστήματος. Όταν ένα ακραίο καιρικό συμβάν έχει σημαντικά δυσμενή επίπτωση στην ανθρώπινη ευμάρεια, τότε αυτό ονομάζεται κλιματική καταστροφή (climatic disaster). Σε μερικές περιοχές της Γης παρατηρούνται κλιματικές καταστροφές τόσο συχνά, ώστε θεωρούνται ότι αποτελούν

τήμα της φυσιολογικής μορφής του κλίματος. Είναι πιθανόν η κλιματική αλλαγή που προκαλείται εξαιτίας του φαινομένου του θερμοκηπίου να μεταβάλλει τη συχνότητα, το εύρος και τον χαρακτήρα των ακραίων καιρικών φαινομένων και των κλιματικών καταστροφών.

Σύμφωνα με δεδομένα και παρατηρήσεις, πολλές περιοχές του κόσμου τις τελευταίες δεκαετίες έχουν υποστεί ακραία καιρικά φαινόμενα που ξεπερνούν τα φυσιολογικά όρια εμφάνισης. Παράδειγμα αποτελούν τα καλοκαιρινά κύματα καύσωνα που εμφανίστηκαν το 1995 στην Κέντρο-Δυτική περιοχή των ΗΠΑ και την Ινδία. Άνω των 700 ανθρώπων πέθαναν από θερμοπληξία στις ΗΠΑ, ενώ στην Ινδία 500 άνθρωποι πέθαναν όταν οι θερμοκρασίες που παρατηρήθηκαν τον Ιούνιο 1995 άγγιξαν τους 50°C. Νωρίτερα το χρόνο αυτό, οι πλημμύρες που παρατηρήθηκαν στην Ολλανδία προκάλεσαν εκκένωση των περιοχών. Ας σημειωθούν σε αυτό το σημείο, οι πλημμύρες του Αυγούστου 2002 στην Γερμανία καθώς και οι συχνές βροχοπτώσεις του Σεπτεμβρίου 2002 στην Ελλάδα, το οποίο είχε χρόνια να παρατηρηθεί, καθώς και οι καύσωνες μεγάλης έντασης και διάρκειας στη Δυτική Ευρώπη το καλοκαίρι του 2003.

Στο μέλλον υποστηρίζεται ότι η παγκόσμια κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει σημαντικά τη συχνότητα, το εύρος και την τοποθεσία εκδήλωσης των ακραίων καιρικών φαινομένων. Γενικά αναμένονται περισσότερα κύματα καύσωνα και λιγότερες περίοδοι παγετών, ενώ εντονότερες βροχοπτώσεις μπορούν να οδηγήσουν σε αυξημένες πλημμύρες σε μερικές περιοχές. Υψηλότερες μέγιστες θερμοκρασίες, εντονότερες κατακρημνίσεις αναμένονται να παρατηρηθούν με πιθανότητα περίπου 90-99%, επιφέροντας ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως ξηρασίες και πλημμύρες.

### **A.3. Καταιγίδες**

#### **A.3.1. Καταιγίδες αέριας μάζας**

Είναι γνωστό ότι οι καταιγίδες είναι ένα από τα πιο εντυπωσιακά φυσικά φαινόμενα. Η φύση σε μια καταιγίδα αλλάζει εντελώς χαρακτήρα και γίνεται άγρια και βίαιη. Η καταιγίδα μπορεί να οριστεί ως το φαινόμενο εκείνο το οποίο παράγεται από σύννεφα κατακόρυφης ανάπτυξης (Cumulonimbus) και συνοδεύεται πάντα από αστραπή και βροντή. Οι καταιγίδες διακρίνονται σε καταιγίδες αέριας μάζας και δυναμικές ανάλογα με τον τρόπο σχηματισμού τους.

Οι καταιγίδες αέριας μάζας συναντώνται ακόμα και με το όνομα θερμικές καταιγίδες. Δημιουργούνται σε περιοχές όπου επικρατεί έντονη θέρμανση του εδάφους, καθώς και σύγκλιση η οποία συνοδεύεται από πτώση της ατμοσφαιρικής πίεσης και προοδευτική αύξηση της κατακόρυφης θερμοβαθμίδας. Φυσικά θα πρέπει να υπάρχει και κάποια σχετική επάρκεια της ατμόσφαιρας σε τροφοδότηση υδρατμών. Οι παραπάνω συνθήκες συναντώνται εύκολα στις τροπικές ζώνες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους καθώς και στα μέσα γεωγραφικά πλάτη κατά την καλοκαιρινή περίοδο όπου είναι και συχνή η επικράτηση θερμών και υγρών τροπικών θαλασσιών αερίων μαζών. Όσον αφορά την εξέλιξη μιας καταιγίδας μπορεί να χωριστεί σε τρία στάδια, αν και δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός.

Κατά το πρώτο στάδιο εξέλιξης μιας καταιγίδας μπορεί να διακριθεί το καταιγιδοφόρο νέφος το οποίο ονομάζεται σωρείτης (Cumulus). Εδώ συναντώνται μόνο ανοδικές κινήσεις θερμού και υγρού αέρα οι οποίες οφείλονται στη διαφορά θερμοκρασίας με το περιβάλλον. Οι ταχύτητες του ανοδικού ρεύματος δεν αργούν καθόλου να αυξηθούν με το ύψος και μάλιστα παίρνουν τη μεγαλύτερη τιμή τους εκεί



που υπάρχει η μεγαλύτερη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ θερμού αερίου ρεύματος και περιβάλλοντος. Η ταχύτητα αυτή μπορεί σε έντονες καταιγίδες να ξεπεράσει τα 15m/sec. Παρατηρείται ότι η ανάμειξη του αέρα του περιβάλλοντος με το καταιγιδοφόρο σύννεφο είναι μικρή. Χρονικά μπορεί να ειπωθεί ότι οι διαδικασίες σε αυτό το στάδιο διαρκούν περίπου 15 min και το σύννεφο μπορεί να φτάσει σε ύψος μέχρι τα 10 Km. (Φλόκας, 1997)

Το επόμενο στάδιο μπορεί να χαρακτηριστεί σαν στάδιο ωριμότητας και αρχίζει με τις πρώτες καθοδικές κινήσεις. Οι κινήσεις αυτές φέρνουν και την εμφάνιση βροχής η οποία μάλιστα είναι και πολύ ισχυρή. Οι καθοδικές κινήσεις και η βροχή είναι στοιχεία αλληλένδετα. Κι αυτό γιατί οι καθοδικές κινήσεις οφείλονται στη βροχή όπως και στην εξάτμιση ορισμένων υδροσταγόνων οπότε η ψύξη του αέρα ενισχύει το καθοδικό ρεύμα. Συγκεκριμένα οι μεγάλες και βαρύτερες υδροσταγόνες και παγοκρύσταλλοι δε μπορούν να συγκρατηθούν από τις ανοδικές κινήσεις και αρχίζουν και πέφτουν συμπαρασύροντας ψυχρή αέρια μάζα από τα ψηλά στρώματα. Το ρεύμα που τελικά δημιουργείται περιορίζεται στην περιοχή της βροχής και συνυπάρχει με το ανοδικό. Έπειτα επεκτείνεται οριζόντια και κατακόρυφα. Χρονικά το στάδιο αυτό διαρκεί 15 ως 30 λεπτά και το ύψος μπορεί να φτάσει μέχρι και την τροπόπαυση. Το στάδιο της διάλυσης τέλος, είναι το τρίτο μέρος της ανάπτυξης μιας καταιγίδας. Εδώ επικρατούν παντού μόνο καθοδικές κινήσεις. Το σύννεφο αρχίζει σιγά-σιγά να διαλύεται αφού δεν υπάρχει τροφοδοσία για την καταιγίδα με υγρή και θερμή αέρια μάζα από το έδαφος. Η χρονική διάρκεια αυτού του σταδίου δεν είναι καθορισμένη πλήρως αλλά πρέπει να κυμαίνεται γύρω στα τριάντα λεπτά της ώρας. Αξίζει να παρατηρηθεί ότι μια καταιγίδα δεν αποτελείται συνήθως μόνο από ένα καταιγιδοφόρο σύννεφο, αλλά από περισσότερα, από τα οποία άλλα βρίσκονται στη διάλυση, άλλα στο

αρχικό στάδιο και άλλα στην ωριμότητα. Έτσι, δημιουργείται μια πιο σύνθετη κατάσταση, η οποία όμως κατά κανόνα δεν έχει μεγάλη χρονική διάρκεια.

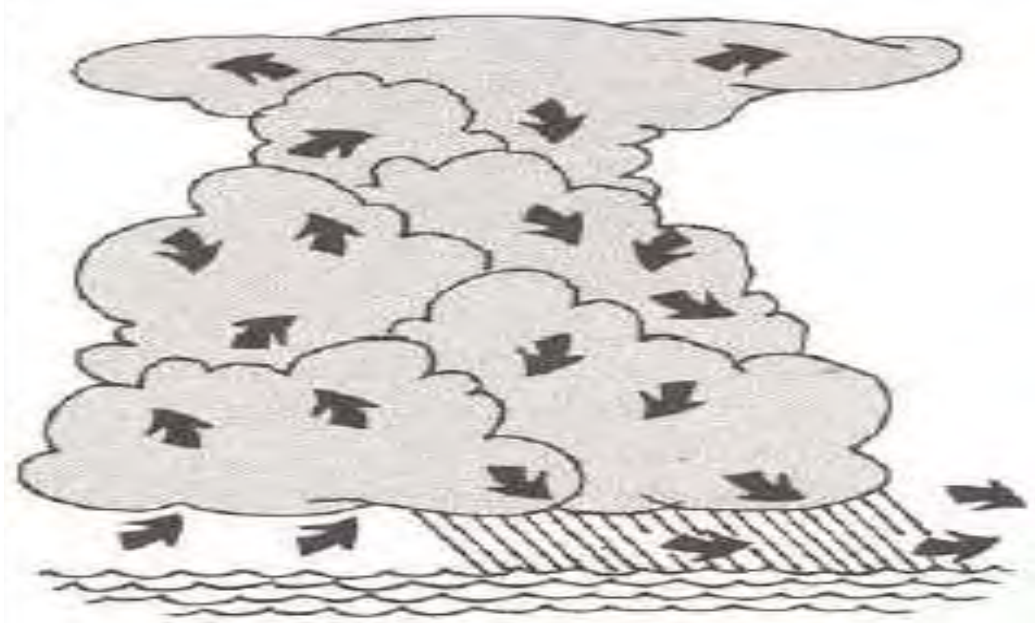


*Εικόνα Α.1: Οι καταιγίδες είναι ένα από τα πιο βίαια ατμοσφαιρικά φαινόμενα.*

### **A.3.2 Δυναμικές καταιγίδες**

Στις δυναμικές καταιγίδες περιλαμβάνονται οι μετωπικές και ορογραφικές καταιγίδες. Οι μετωπικές καταιγίδες δημιουργούνται κατά το πέρασμα των μετώπων και κυρίως των ψυχρών. Εμφανίζονται κυρίως στα μέσα γεωγραφικά πλάτη και απαντώνται κυρίως σε περιόδους έξαρσης της υφιστατικής δραστηριότητας, δηλαδή στις

ψυχρές περιόδους του έτους. Όπως είναι γνωστό ο ψυχρός αέρας που ακολουθεί μετά το πέρασμα μιας μετωπικής επιφάνειας ενός ψυχρού μετώπου εξαναγκάζει το θερμό και υγρό αέρα σε κατακόρυφη κίνηση. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται τα σύννεφα "Σωρειτομελανίες" (Cumulonimbus), στα οποία εκδηλώνονται καταιγίδες και ισχυρές βροχές μπροστά και πάνω από το ψυχρό μέτωπο. Σ' ένα θερμό μέτωπο σπάνια εκδηλώνονται καταιγίδες, κι αν αυτό συμβεί, στην περιοχή της βροχής της θερμικής μετωπικής επιφάνειας, η έντασή της θα είναι συνάρτηση της αστάθειας του αέρα (Φλόκας, 1997).



*Εικόνα Α.2: Όταν ωριμάζει μια καταιγίδα προκαλεί σύννεφα τύπου σωρειτομελανιών που φέρνουν βροχή και δυνατό αέρα.*

Η καταιγίδα είναι μια εξαιρετικά ασταθής συνθήκη στην ατμόσφαιρα, που συνοδεύεται με τα φαινόμενα της αστραπής και της βροντής, που είναι και αποτελέσματά της. Κάτω από ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας, γίνεται μια κατακόρυφη μεταφορά και συμπύκνωση, με αποτέλεσμα το σχηματισμό

σωρειτομελανιών. Οι καταιγίδες, ανάλογα με την αιτία, που τις προκαλεί, κατατάσσονται σε καταιγίδες θερμότητας, καταιγίδες ακτών και σε μετωπικές καταιγίδες.

#### **A.3.2.1. Καταιγίδες ακτών**

Αυτή είναι μια ειδική κατηγορία καταιγίδας θερμότητας και οφείλεται στο ότι μεγάλη κατακόρυφη βαροβαθμίδα συνοδεύει τα θαλασσινά πολικά ρεύματα αέρα.

#### **A.3.2.2. Μετωπικές καταιγίδες**

Οι συνθήκες, που προκαλούν μια καταιγίδα, παρουσιάζονται επίσης και όταν ένα ψυχρό ρεύμα αέρα κινείται κάτω από ένα θερμό, αναγκάζοντας το να κινηθεί προς τα πάνω, όπως π.χ. το ψυχρό μέτωπο μιας ύφεσης. Η καταιγίδα ψυχρού μετώπου, σε αντίθεση με την τοπική καταιγίδα, σαρώνει εκτεταμένες περιοχές, αν δε το μέτωπο κινείται αργά, τότε η καταιγίδα έχει μεγάλη διάρκεια σε μια ορισμένη τοποθεσία.

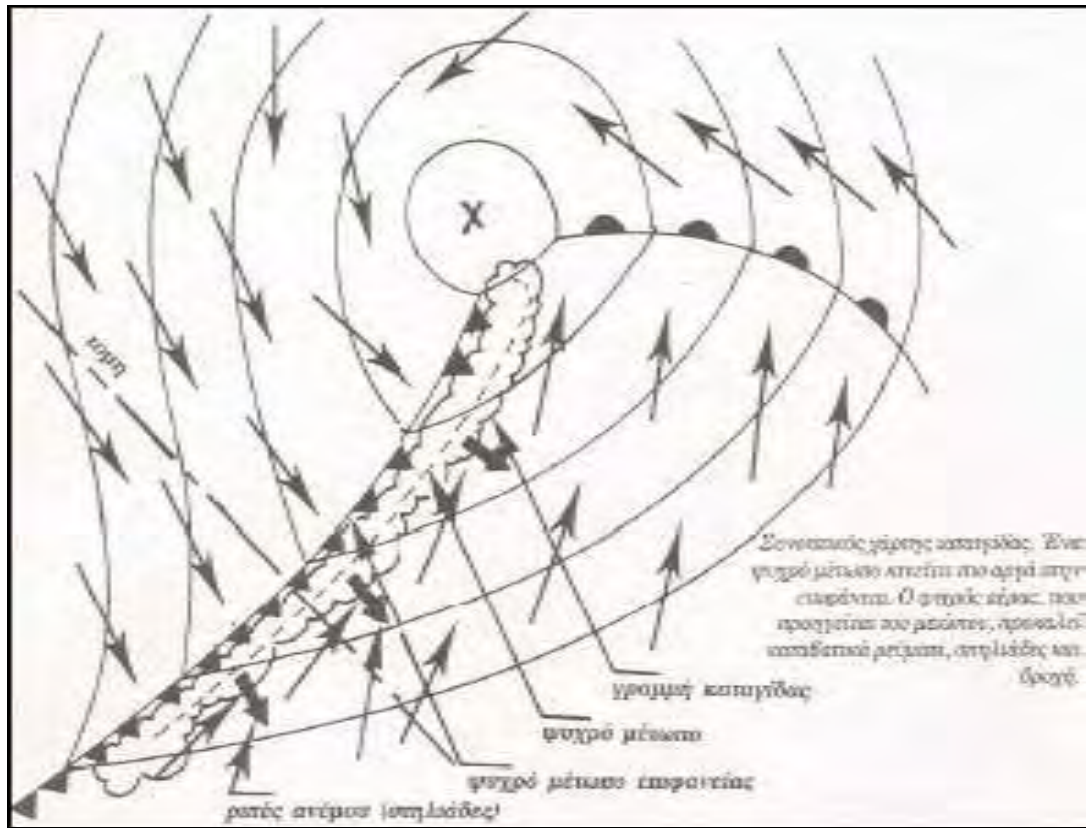
Η ταχύτητα, με την οποία πέφτει μια υδροσταγόνα, εξαρτάται από το μέγεθος της, π.χ. αν έχει διάμετρο 4 χιλιοστά, θα πέσει με ταχύτητα 8 μέτρων το δευτερόλεπτο. Αν η διάμετρος της γίνει μεγαλύτερη από 4 χιλιοστά, θα πέσει με μεγαλύτερη ταχύτητα. Ο αέρας, κατά τη διάρκεια της πτώσης, θα την αναγκάσει να τεμαχιστεί σε μικρότερες υδροσταγόνες. Έτσι, μια διάμετρος 4 χιλιοστών και μια ταχύτητα 8 μέτρων το δευτερόλεπτο, αποτελούν τα όρια μεγέθους και ταχύτητας πτώσης της υδροσταγόνας. (Φλόκας, 1997)

Αν τα ανοδικά ρεύματα μέσα στους σωρειτομελανίας, ανέρχονται με ταχύτητα μεγαλύτερη των 8 μέτρων το δευτερόλεπτο, τότε οι υδροσταγόνες, που έχουν μεγαλύτερο μέγεθος, θα μεταφερθούν προς τα πάνω. Λόγω του χαρακτηριστικού των

ανοδικών ρευμάτων να εξασθενούν και να ενισχύονται διαδοχικά, οι υδροσταγόνες, που παρασύρονται, αυξάνονται σε μέγεθος και τεμαχίζονται, με αποτέλεσμα να χωρίζονται τα θετικά και αρνητικά ηλεκτρικά φορτία. Αυτό συμβαίνει γιατί ο αέρας παίρνει προς τα πάνω το αρνητικό φορτίο, ενώ οι υδροσταγόνες το θετικό. Εφόσον ο αέρας ανέρχεται πιο γρήγορα από τις υδροσταγόνες, που τεμαχίζονται, το θετικό φορτίο συγκεντρώνεται μέσα στην περιοχή του σύννεφου, όπου συγκρατούνται οι υδροσταγόνες. Έτσι, με το διαχωρισμό των φορτίων των υδροσταγόνων, δημιουργείται μέσα στο σύννεφο ένα τεράστιο ηλεκτρικό φορτίο, που κάποια στιγμή προκαλεί μια εκκένωση, την αστραπή. Η εκρηκτική θέρμανση του αέρα κατά το μήκος της αστραπής, προκαλεί την βροντή.

### **A.3.3. Θερμικές καταιγίδες**

Το καλοκαίρι, τα στρώματα του αέρα, που έρχονται σε επαφή με το έδαφος, θερμαίνονται την ημέρα και αν η κατακόρυφη βαροβαθμίδα έχει μεγάλη τιμή μέσα σε ένα στρώμα αέρα σημαντικού ύψους γίνεται μια γρήγορη κατακόρυφη μεταφορά. Ο αέρας, που ανέρχεται, αντικαθίσταται από αέρα, που έρχεται να καταλάβει το χώρο, πάνω από τον οποίο παρατηρείται μια βαθμιαία καθίζηση της ατμόσφαιρας. Η ραγδαία βροχή, που πέφτει από το σωρειτομελανία, συχνά παρασύρει τον αέρα με την τριβή, προκαλώντας ένα καθοδικό ρεύμα ψυχρού αέρα, του οποίου η θερμοκρασία διατηρείται λόγω της εξάτμισης της βροχής. Το ψυχρό αυτό ρεύμα κινείται κατά τη διεύθυνση της καταιγίδας. Το ανοδικό ρεύμα κινείται σιγά - σιγά κατά την αντίθετη διεύθυνση και μέσα στον αέρα, που βρίσκεται πάνω από αυτό, ο οποίος αέρας κινείται προς τα πίσω, μέσα στο σύννεφο της καταιγίδας. Αυτό εξηγεί και την ξαφνική μεταβολή της διεύθυνσης του αέρα, όταν η καταιγίδα αλλάξει κατεύθυνση.



Εικόνα Α.3: Χάρτης καταγίδας.

## **B: ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ – ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ**

### **B.1. Μετεωρολογικοί δορυφόροι**

Το παγκόσμιο δίκτυο μετεωρολογικών δορυφόρων περιλαμβάνει τουλάχιστον πέντε δορυφόρους κατανεμημένους σε ίσες αποστάσεις γύρω από τον Ισημερινό και τουλάχιστον δύο δορυφόρους σε πολική τροχιά. Οι γεωστάσιμοι δορυφόροι βρίσκονται σε ύψος ~36000 km και κάθε ένας έχει τη δυνατότητα λήψης εικόνων περίπου του 1/4 της γήινης επιφάνειας μέρα και νύχτα κάθε 30 λεπτά. Η σάρωση γίνεται από τον Νότο προς τον Βορρά και από την Ανατολή προς την Δύση. Το πολυφασματικό ραδιόμετρο λειτουργεί σε τρεις φασματικές περιοχές. Η χωρική διακριτική ικανότητα του ραδιομέτρου είναι 5 km στο υπέρυθρο και 2.5 km στο ορατό (Δαλέζιος, 2002).

Ο πρώτος γεωστάσιμος δορυφόρος ΜΕΤΕΟΣΑΤ –1 εκτοξεύθηκε στις 23 Νοεμβρίου 1977 (σχήμα Β.1), με μια προγραμματισμένη διάρκεια ζωής 3 ετών. Ο ΜΕΤΕΟΣΑΤ–2 (ίδιος στο σχεδιασμό με τον ΜΕΤΕΟΣΑΤ –1), εκτοξεύθηκε στις 19 Ιουνίου 1981 (σχήμα Β.2), και εύκολα ξεπέρασε την προγραμματισμένη διάρκεια ζωής του (3 έτη), φτάνοντας έως τις 11 Αυγούστου 1988.



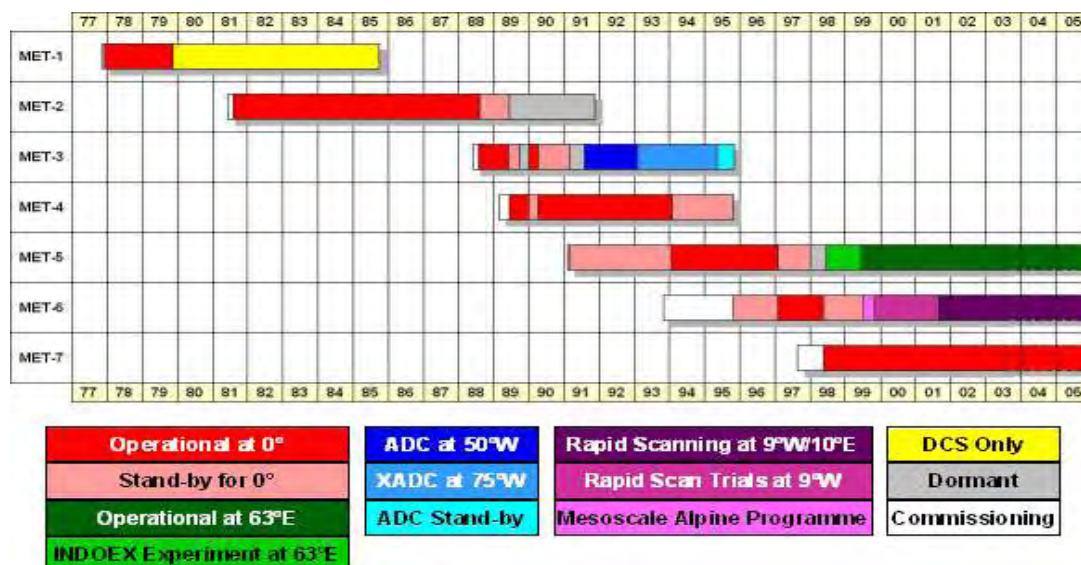
*Εικόνα Β.1: Εκτόξευση του METEOSAT-1.*



*Εικόνα Β.2: Εκτόξευση του METEOSAT-2.*

Οι δορυφόροι METEOSAT –3 και METEOSAT –4 εκτοξεύθηκαν στις 15 Ιουνίου 1988 και 6 Μαρτίου 1989 αντίστοιχα. Ο METEOSAT –5 που εκτοξεύθηκε στις 2 Μαρτίου 1991 παρουσίασε προβλήματα απεικόνισης. Ο METEOSAT –6 επίσης παρουσίασε κάποια δυσλειτουργία του ραδιομέτρου. Τέλος ο METEOSAT –7 είναι ο τελευταίος δορυφόρος της σειράς αυτής (σχήμα Β.4). Από την ημέρα εκτόξευσής του (Σεπτεμβρίου 1997) δεν έχει παρουσιάσει κανένα σοβαρό πρόβλημα και υπολογίζεται ότι οι δορυφόροι της σειράς αυτής θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν έως το 2005 ([www.eumetsat.com](http://www.eumetsat.com)). Στο διάγραμμα του σχήματος Β.3 παρουσιάζεται η μέχρι τώρα πορεία των δορυφόρων METEOSAT καθώς επίσης και η μελλοντική τους πορεία.





Εικόνα Β.3: Διάγραμμα πορείας των δορυφόρων METEOSAT.



Εικόνα Β.4: Εκτόξευση του δορυφόρου METEOSAT-7.

Μια άλλη κατηγορία μετεωρολογικών δορυφόρων είναι οι δορυφόροι πολικής τροχιάς (TIROS, Metop). Η τροχιά των δορυφόρων αυτών βρίσκεται σε απόσταση 850km από την επιφάνεια της γης, ηλιοσύγχρονη με κλίση  $98,7^\circ$  και με περίοδο 102 λεπτών. Ο κύκλος επανάληψης είναι 12 ώρες. Οι πιο πρόσφατοι δορυφόροι της σειράς TIROS είναι:

- ➡ NOAA 6: τέθηκε σε τροχιά το 1979
- ➡ NOAA 7: τέθηκε σε τροχιά το 1981
- ➡ NOAA 8: τέθηκε σε τροχιά το 1983
- ➡ NOAA 9: τέθηκε σε τροχιά το 1984
- ➡ NOAA 10: τέθηκε σε τροχιά το 1986
- ➡ NOAA 11: τέθηκε σε τροχιά το 1988
- ➡ NOAA 12: τέθηκε σε τροχιά το 1991
- ➡ NOAA 13: τέθηκε σε τροχιά το 1993 για λίγες μόνο ημέρες
- ➡ NOAA 14: τέθηκε σε τροχιά στις 30-12- 1993.

Ένα από τα σημαντικότερα όργανα που φέρουν οι δορυφόροι της σειράς NOAA είναι το AVHRR, ένας πολυφασματικός ανιχνευτής με χαμηλή διακριτική ικανότητα. Τα κανάλια που έχει είναι πέντε, σε διαφορετικά μήκη κύματος, και για διαφορετικές χρήσεις. Στον πίνακα Β.1 που ακολουθεί δίνονται τα μήκη κύματος για καθένα από τα πέντε κανάλια καθώς επίσης και οι διαφορετικές εφαρμογές αυτών. (Δαλέζιος, 1999).

**Πίνακας Β.1: Χαρακτηριστικά του AVHRR.**

Κανάλι	Μήκη κύματος(μm)	Κύριες χρήσεις
1	0.58-0.68	Νέφη τη μέρα- χιόνι-πάγος
2	0.725-1.10	Νερό- χιόνι-πάγος
3	3.55-3.93	Πυρκαγιές- νέφη τη νύχτα
4	10.30-11.30	Μέρα νύχτα νέφη- θερμοκρασία επιφάνειας και χαρτογράφηση
5	11.50-12.50	Όπως 4-υδρατμοί

Ένας εξίσου σημαντικός δορυφόρος πολικής τροχιάς είναι ο MetOp ο οποίος είναι ο πρώτος Ευρωπαϊκός δορυφόρος πολικής τροχιάς αποκλειστικά για μετεωρολογικές και κλιματικές εφαρμογές. Πρόκειται για μια σειρά τριών δορυφόρων

που τέθηκαν σε τροχιά το 2005 με διάρκεια ζωής 14 χρόνια και αποτελούν μέρος του προγράμματος EUMETSAT's Polar System (EPS). Εκτός των «παραδοσιακών» οργάνων που φέρουν οι δορυφόροι πολικής τροχιάς μεταφέρει και συστήματα για:

- ✓ μετρήσεις της θερμοκρασίας και της υγρασίας
- ✓ υπολογισμό της ταχύτητας του ανέμου και της κατεύθυνσης του ανέμου ειδικότερα πάνω από τους ωκεανούς
- ✓ υπολογισμό του profile του όζοντος στην ατμόσφαιρα.



*Εικόνα Β.5: Μετεωρολογικός δορυφόρος πολικής τροχιάς.*

## **B.2. Εκτίμηση υετού με τη χρήση Τηλεπισκόπησης**

### **B.2.1. Εκτίμηση υετού με τη χρήση RADAR**

Ο υπολογισμός της βροχόπτωσης πάνω από κάποια συγκεκριμένη περιοχή μελέτης υπήρξε πάντα πρόβλημα προς αντιμετώπιση λόγω της μεταβλητότητας του φαινομένου. Ο ακριβής ποσοτικός προσδιορισμός καθώς επίσης και η χωρική κατανομή της βροχόπτωσης θα μπορούσαν να οδηγήσουν στον προσδιορισμό της παραγωγής ύδατος καθώς επίσης και στην ορθολογική διαχείριση και των υδατικών πόρων. Λόγω του ότι το ήδη υπάρχον συμβατικό δίκτυο για την εκτίμηση της βροχόπτωσης είναι ανεπαρκές, θα πρέπει να αναπτυχθούν νέες μέθοδοι για τον υπολογισμό υετού. Η Τηλεπισκόπηση και συγκεκριμένα τα RADAR καιρού αποτελούν εργαλεία για την ανάπτυξη νέων μεθόδων. Επίσης, σημαντική είναι η χρήση τους σε πλημμύρες, αρδεύσεις, δασική υδρολογία, αεροναυτική μετεωρολογία καθώς επίσης και στην τροποποίηση καιρού. (Cain & Smith, 1976; Barge *et al*, 1979; Dalezios, 1988)

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα των RADAR καιρού, είναι η ικανότητα προσδιορισμού της χωρικής και ποσοτικής κατανομής της βροχόπτωσης, η ανίχνευση καταιγίδων και η κάλυψη περιοχών στις οποίες είναι δύσκολη η ίδρυση κάποιου επίγειου σταθμού. Παρουσιάζουν πολύ καλή διακριτική ικανότητα, με δυνατότητα συγκέντρωσης των πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο σε ένα κέντρο, τη δυνατότητα άμεσης διοχέτευσης της πληροφορίας σε χρήστες και τέλος υπάρχει περισσότερος διαθέσιμος χρόνος σε περίπτωση πρόγνωσης πλημμύρας. Παρόλα αυτά, υπάρχουν κάποια όρια στην τεχνολογία των RADAR που επηρεάζουν την ακρίβεια των μετρήσεων. Τα βασικότερα μειονεκτήματα είναι η ανώμαλη διάδοση, η ζώνη λαμπρότητας, η ατμοσφαιρική εξασθένιση σήματος, η επίδραση του ανέμου, η εξάτμιση ή ανάπτυξη υετού, η μη ομοιόμορφη πλήρωση της δέσμης, μεταβολές στον

τύπο των παγοκρυστάλλων, στάθμη πήξης, χαλάζι ή άλλα υδρομετέωρα καθώς επίσης και μεταβολές στη σχέση βροχόπτωσης – ανακλαστικότητας ( $Z - R$ ). Επίσης, ένα άλλο μειονέκτημα είναι το υψηλό κόστος του λογισμικού που απαιτείται στην χρήση των RADAR καιρού. (Crozier, 1975; Dalezios, 1990).

Πολλές τεχνικές έχουν αναπτυχθεί για τον υπολογισμό της βροχόπτωσης με την χρήση RADAR. Το βασικό στοιχείο αυτών είναι ότι επιλέγεται η εκάστοτε περιοχή μελέτης, λαμβάνονται δεδομένα υετού από τους επίγειους σταθμούς και στη συνέχεια συγκρίνονται οι μετρήσεις αυτές με τα αποτελέσματα των RADAR. Με τον τρόπο αυτό παρέχονται πληροφορίες για την ευρεία περιοχή μελέτης ξεπερνώντας το πρόβλημα των σημειακών μετρήσεων που παρέχουν οι επίγειοι βροχομετρικοί σταθμοί. Μία από τις τεχνικές που αναπτύχθηκαν συνδυάζει δεδομένα από επίγειους σταθμούς και RADAR στην περιοχή του Καναδά, για τον υπολογισμό της ωριαίας βροχόπτωσης με σκοπό την χρήση των αποτελεσμάτων για υδρολογικούς σκοπούς και μοντελοποίηση (Dalezios, 1988).

Η εξίσωση που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη μελέτη είναι η ακόλουθη:

$$Y = X_1 b_1 + X_2 b_2 \quad (\text{B.1})$$

όπου:

$Y$  εκτίμηση της περιοχής βροχόπτωσης

$X_1$  εκτίμηση υετού από το RADAR για κάθε ιχνοστοιχείο (pixel)

$X_2$  εκτίμηση υετού από τους επίγειους σταθμούς για κάθε ιχνοστοιχείο (pixel)

$b_1$  συντελεστής παλινδρόμησης του RADAR

$b_2$  συντελεστής παλινδρόμησης του σταθμού

Επιπλέον, για τον υπολογισμό της βροχόπτωσης χρησιμοποιείται η σχέση ανακλαστικότητας ( $Z$ ) του RADAR και βροχόπτωσης ( $R$ ) (σχέση  $Z - R$ ). Υπάρχουν

διάφορες προσεγγίσεις της σχέσης αυτής. Αρχικά συνήθης πρακτική ήταν η χρήση της σχέσης όπως αυτή είχε υπολογισθεί από τους Marshall και Palmer ( $Z = 200 * R^{1.6}$ ). Σε πολλές περιπτώσεις όμως, η προσέγγιση αυτή δεν έδινε ικανοποιητικά αποτελέσματα λόγω των κλιματικών διαφορών της εκάστοτε περιοχής μελέτης. Έτσι, έχουν υπολογιστεί νέοι αλγόριθμοι για διάφορες περιοχές του πλανήτη, δίνοντας διαφορετική προσέγγιση ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες της κάθε περιοχής (Marshall & Palmer, 1948; Probert-Jones, 1962; Stout & Mueller, 1968; Cataneo, 1969; Smith *et al*, 1981).

**Πίνακας Β.2: Διάφορες προσεγγίσεις της σχέσης Z – R με βάση την περιοχή μελέτης.**

Περιοχή Μελέτης	Κλιματικές Συνθήκες	Σχέση Z -R
Hawaii	Ορογραφικές καταιγίδες	$Z = 16.6 * R^{1.55}$ (Cataneo, 1969)
Hawaii	Καταιγίδες	$Z = 290 * R^{1.41}$ (Cataneo, 1969)
Japan	Χιονόπτωση	$Z = 2150 * R^{1.8}$ (Smith <i>et al</i> , 1981)
Germany	Καταιγίδες	$Z = 184 * R^{1.26}$ (Zawadzki, 1975)
Θεσσαλονίκη	Ασθενείς βροχοπτώσεις	$Z = 31 * R^{0.96}$ (Sioutas&Rudolf, 1992)

Παρατηρείται λοιπόν, πως ανάλογα τη περιοχή και τις κλιματικές συνθήκες, η σχέση μεταβάλλεται ανάλογα. Για χιονόπτωση, οι συντελεστές a και b αυξάνονται σε μέγεθος, ενώ μειώνονται για τις καταιγίδες καθώς επίσης και για ασθενέστερες βροχοπτώσεις (Brandes, 1975; Zawadzki, 1975; Wilson & Brandes, 1979).

### **B.2.2. Εκτίμηση υετού με τη χρήση δορυφορικών δεδομένων**

Ο υετός είναι από τις σημαντικότερες περιβαλλοντικές παραμέτρους και το ενδιαφέρον μελέτης της δυνατότητας χαρτογράφησης του, μέσω δορυφορικών

δεδομένων αυξήθηκε σημαντικά κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980. Τα επίγεια συστήματα καταγραφής δεδομένων δεν είναι επαρκή για την ακριβή παρακολούθηση του υετού. Αν και ο υετός δεν καταγράφεται απευθείας από τις δορυφορικές παρατηρήσεις, η σπουδαιότητα του είχε σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη ενός αριθμού τεχνικών για την εκτίμηση του από δορυφορικά δεδομένα. Έτσι σήμερα μελετώνται πτυχές του υετού χρησιμοποιώντας δεδομένα από δορυφόρους

Κατά τη διάρκεια της πρώτης δεκαετίας της δορυφορικής μετεωρολογίας, οι δορυφόροι αντιμετωπίζονταν ως μία εναλλακτική λύση των επίγειων παρατηρήσεων. Όμως, κατά τη διάρκεια της δεύτερης και τρίτης δεκαετίας και οι δύο μορφές καταμέτρησης χρησιμοποιήθηκαν συμπληρωματικά. Σήμερα, οι μέθοδοι που αρμόζουν περισσότερο σε επιχειρησιακές ανάγκες είναι εκείνες που συνδυάζουν ενδείξεις υετού από επίγειους σταθμούς και δορυφορικά δεδομένα, με αποτελέσματα σαφώς ανώτερα αυτών που θα είχαν εξαχθεί από τη μία πηγή πληροφοριών μόνο. Το πλεονέκτημα του επίγειου σταθμού είναι ότι παρέχει ποσοτικά δεδομένα συσσωρευμένα στη διάρκεια του χρόνου, αλλά κάθε μέτρηση αντιστοιχεί σε διακυμάνσεις του υετού σε μια συγκεκριμένη θέση. Αντίθετα, οι δορυφόροι έχουν το πλεονέκτημα ότι παρέχουν πληροφορίες μεγάλων περιοχικών εκτάσεων.

Σχεδόν όλοι οι αλγόριθμοι υπολογισμού υετού από δορυφορικά δεδομένα, συσχετίζουν τις δορυφορικές πληροφορίες με επίγειες μετρήσεις. Έτσι, τα δορυφορικά δεδομένα χρησιμοποιούνται για να συμπληρώσουν τα κενά που δημιουργούνται από το δίκτυο των επίγειων παρατηρήσεων αφού πρώτα βαθμονομηθούν σε σχέση με τις επίγειες μετρήσεις.

Οι μέθοδοι παρακολούθησης του υετού από δορυφόρους βασίζονται σε εικόνες των περιοχών του φάσματος του οπτικού ή υπέρυθρου ή μικροκυμάτων

χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους για επιχειρησιακή παρακολούθηση του υετού.

Τέτοιες μέθοδοι είναι:

- μέθοδοι κατηγοριοποίησης των νεφών
- μέθοδοι κλιματολογίας νεφών
- μέθοδοι ιστορίας ζωής
- διφασματικές και πολυφασματικές μέθοδοι
- μέθοδοι νεφικών μοντέλων
- μέθοδοι παθητικών μικροκυμάτων
- συνδυασμός των μεθόδων

Οι μέθοδοι αυτές έχουν χρησιμοποιηθεί σε πολλά προγράμματα, όπως π.χ. σε υποστήριξη σχεδιασμού αρδεύσεων στην Ινδονησία, διαχείριση υδάτινων πόρων στο Ομάν, έλεγχο ακρίδας (desert locust) στην βορειοδυτική Αφρική, πρόγνωση παραγωγής στο Sahel, και γενικότερα σε περιβαλλοντικές μελέτες στην Αφρική και Καραϊβική.

Η εμπειρία έχει δείξει ότι ο συνδυασμός συμβατικών και δορυφορικών δεδομένων είναι η πιο ρεαλιστική προσέγγιση για την δημιουργία χαρτών υετού. Επιπλέον τα μοντέλα μπορούν να προσαρμοστούν σε τοπικές ανάγκες για την παροχή πληροφοριών σε σχεδόν πραγματικό χρόνο (Δαλέζιος, 2002).

#### **B.2.2.1. Μέθοδοι κατηγοριοποίησης των νεφών**

Δορυφορικές εικόνες από την υπέρυθη και την ορατή περιοχή του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας λαμβάνονται, προκειμένου να παρατηρηθούν ως προς την νεφοκάλυψη. Σκοπός των μεθόδων αυτών είναι η αντιστοίχιση ενός συγκεκριμένου ρυθμού βροχόπτωσης για κάθε τύπο νεφών που καταγράφεται από το δορυφόρο. Στον πίνακα B.2 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των



νεφών που απεικονίζονται σε δορυφορικές εικόνες από την ορατή περιοχή του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

**Πίνακας Β.3: Χαρακτηριστικά νεφών από εικόνες στην ορατή περιοχή του φάσματος.**

Τύποι νεφών	Μέγεθος	Σχήμα (οργάνωση)	Σκιά	Τόνος (λαμπρότητα)	Υφή
<b>Cirriform</b>	Μεγάλα φύλλα (large sheets), ή κανάλια (bands), εκατοντάδες km μάρκος, δεκάδες km πλάτος	Περιορισμένο, ραβδωτό ή άμορφο με ασαφή όρια	Πιθανόν προκαλεί γραμμικές σκιές, ιδιαίτερα σε υποκείμενα νέφη	Ανοιχτό γκρι προς λευκό, μερικές φορές ημιδιαφανή	Ομοιόμορφη ή ινώδης
<b>Stratiform</b>	Ποικίλο, από μικρά έως μεγάλα (χιλιάδες km <sup>2</sup> )	Ποικίλο, πιθανόν κατακόρυφο, περιορισμένο άμορφο, ή προσαρμοσμένο στην τοπογραφία	Σπανίως ορατά εκτός κατά μήκος των μετώπων	Λευκά ή γκρι ανάλογα με την γωνία του ήλιου και το πάχος των νεφών	Ομοιόμορφη ή πολύ ομοιόμορφη
<b>Stratocumuliform</b>	Κανάλια μέχρι χιλιάδες km μάρκος, κανάλια ή φύλλα με ψηφίδες	Δρόμοι, κανάλια, ή τεμάχια με καλώς προσδιορισμένα μέτωπα	Πιθανόν δείχνουν ραβδώσεις (striations) κατά μήκος των ανέμων	Συχνά γκρι πάνω από το έδαφος, λευκά πάνω από τους ωκεανούς, ανάλογα με	Συχνά ακανόνιστη, με ανοιχτές ή διακυμάνσεις στις ψηφίδες (with open or cellular variations)

	3-15 km κατά μήκος			την αντίθεση της ανακλαστικότητας	
<b>Cumuliform</b>	Από χαμηλά επίπεδα ανάλυσης φωτογραφίας σε ομάδες νεφών, 5-15 km κατά μήκος	Γραμμικά φύλλα, ομαλές ψηφίδες, ή χαοτική εμφάνιση	Υψηλά νέφη πιθανόν προκαλούν σκιές κάτω από την πλευρά του ήλιου	Ποικίλο, από “σπασμένο” μαυρο-γκρί έως λευκό, ανάλογα με τους βαθμούς ανάπτυξης	Μη ομοιόμορφη εναλλαγή δειγμάτων του λευκού, γκρι και σκούρου γκρι
<b>Cumulonimbus</b>	Απομονωμένα (individual) νέφη δεκάδες km κατά μήκος. Τεμάχια έως εκατοντάδες km σε διάμετρο μέσα από συγχωνεύσεις ακμών (anvils)	Σχεδόν κυκλικά και καλώς προσδιορισμένα, ή παραμορφωμένα, με μία ευδιάκριτη άκρη και μία εκτενής	Συνήθως παρουσιάζονται όταν τα νέφη είναι καλώς ανεπτυγμένα	Χαρακτηριστικά πολύ λευκό	Ομοιόμορφη

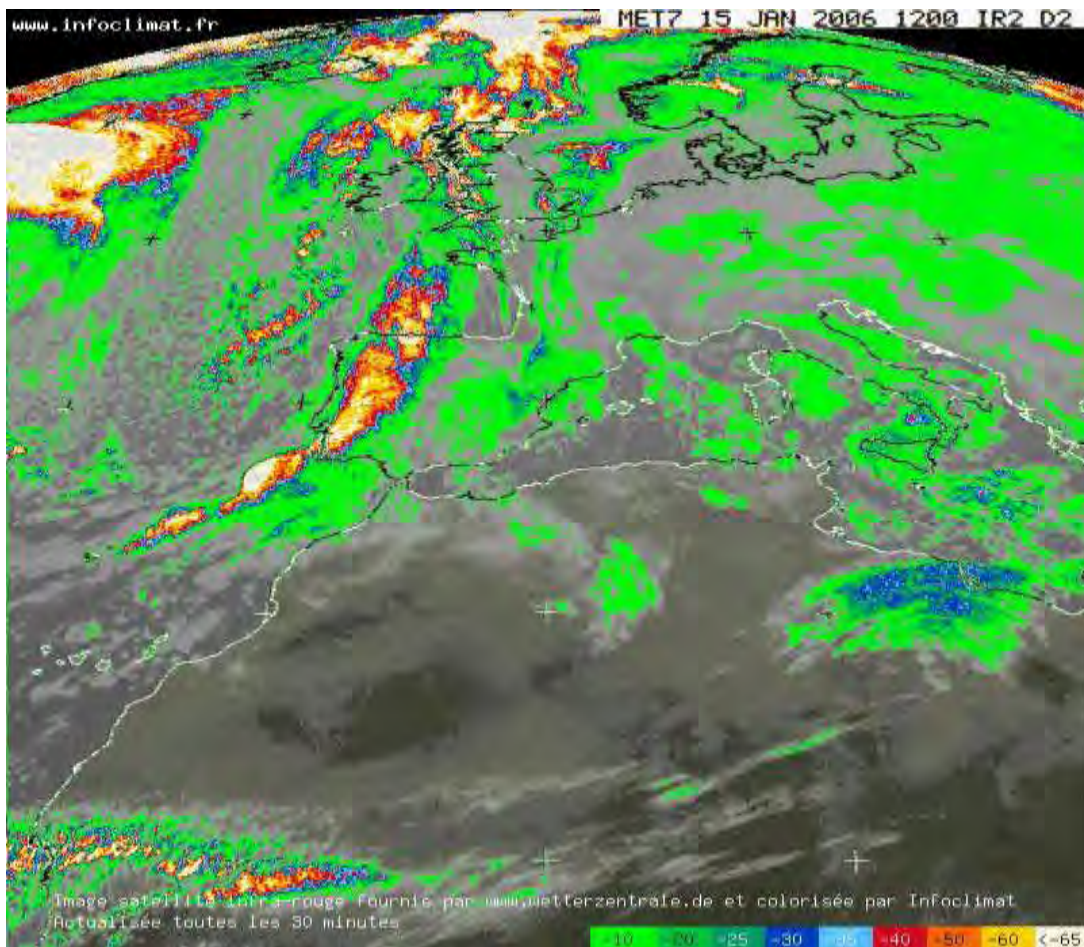
Μία από τις πιο απλές και ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος της κατηγορίας αυτής αναπτύχθηκε από τους Arkin και Meisner (1987) κατά την διεξαγωγή ενός πειράματος, ονομαζόμενο GATE (Global Atlantic Tropical Experiment). Κατά την διάρκεια του πειράματος αυτού, συσχετίστηκαν περιοχές που οι τιμές των pixels παρουσιάζουν θερμοκρασίες χαμηλότερες από 235° K στο υπέρυθρο, με τις εκτιμήσεις που είχαν καταγραφεί από τα επίγεια Radar όσον αφορά την βροχόπτωση. Ο δείκτης GPI (GOES Precipitation Index) που χρησιμοποιήθηκε, προσδίδει ρυθμό υετού, στις περιοχές με τιμές των pixels χαμηλότερες από 235° K, 3mm/h. Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιείται σε πολλές κλιματολογικές μελέτες, για περίοδο από 5 ημέρες έως και 1 μήνα και έχει δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Ένα άλλο χαρακτηριστικό της μεθόδου αυτής, είναι ότι γίνεται χρήση της υγρασίας στο ανώτερο τμήμα της τροπόσφαιρας σε κοντινά θερμικά νέφη για πρόγνωση της βροχόπτωσης. Στη συνέχεια γίνεται σύγκριση του δείκτη GPI με τις πραγματικές τιμές της βροχόπτωσης που έχουν καταγραφεί από τα βροχόμετρα της περιοχής. Από τις μέχρι τώρα εργασίες που έχουν πραγματοποιηθεί και που βασίζονται στην τεχνική αυτή, τα αποτελέσματα είναι ικανοποιητικά και παρατηρείται θετική συσχέτιση αυτών. Θα μπορούσε λοιπόν να χρησιμοποιηθεί και σε μελέτες που θα διεξαχθούν σε διάφορα μέρη της Ελλάδας (Levizzani *et al*, 2002).

#### **B.2.2.2. Μέθοδοι κλιματολογίας νεφών**

Η βάση αυτών των μεθόδων είναι μια γενική συσχέτιση μεταξύ των δορυφορικών εικόνων METEOSAT, από την υπέρυθρη περιοχή του φάσματος της ακτινοβολίας και μετρήσεων βροχόπτωσης από επίγειους σταθμούς. Γίνεται δηλαδή μια προσπάθεια συσχέτισης της συχνότητας εμφάνισης ψυχρών κορυφών νεφών με το

μέσο όρο επίγειων μετρήσεων. Οι μέθοδοι αυτές χρησιμοποιούν δεκαήμερα βροχόπτωσης και έχουν μεγάλη ακρίβεια ακόμα και για μεγάλες χρονικές περιόδους. (Δαλέζιος, 2002).

Για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας των νεφών χρησιμοποιούνται οι τιμές των pixel για κάθε εικόνα METEOSAT. Οι εικόνες των δορυφόρων METEOSAT χαρακτηρίζονται από  $2^8$  (256) δυνατές αποχρώσεις του γκρι. Καθεμία από τις τιμές αυτές, όπως προαναφέρθηκε, χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της θερμοκρασίας.



Εικόνα Β.6: Απεικόνιση της θερμοκρασίας των νεφών από τον METEOSAT 7 στις 15/1/06.

Μία από τις τεχνικές που έχουν εφαρμοσθεί στην κατηγορία αυτή είναι η τεχνική TAMSAT (CCD: διάρκεια των ψυχρών νεφών δηλαδή η διάρκεια κατά την οποία η θερμοκρασία των νεφών μιας περιοχής παραμένουν κάτω από μια καθορισμένη

τιμή (κατώφλι) η οποία βρίσκεται πειραματικά) η οποία χρησιμοποιεί θερμικές εικόνες από τον δορυφόρο METEOSAT που λαμβάνονται κάθε μισή ώρα.

### **B.2.2.3. Μέθοδοι ιστορίας ζωής**

Στην κατηγορία των μεθόδων αυτών χρησιμοποιούνται δεδομένα από γεωστάσιμους δορυφόρους. Σκοπός τους είναι η αναγνώριση των καταιγιδοφόρων νεφών καθώς επίσης και η διαχρονική παρακολούθηση της εξέλιξης αυτών, αναλύεται δηλαδή ο κύκλος ζωής του νέφους. Εφαρμόζεται κυρίως σε θερμικά νέφη και η εκτίμηση του νετού βασίζεται σε βαθμονομήσεις της συμπεριφοράς των νεφών και των αλλαγών που υπόκεινται κατά την διάρκεια της ζωής τους (Δαλέζιος, 2002).

Η δυσκολία που παρουσιάζεται στις μεθόδους αυτές είναι όσον αφορά τον διαχωρισμό των καταιγιδοφόρων νεφών από τα μη καταιγιδοφόρα. Ως αποτέλεσμα αυτού είναι να γίνεται υποεκτίμηση της βροχόπτωσης κατά τις πρώτες πρωινές ώρες και υπερεκτίμηση αυτής τις απογευματινές ώρες. (Levizzani *et al*, 2002).

### **B.2.2.4. Διφασματικές και πολυφασματικές μέθοδοι**

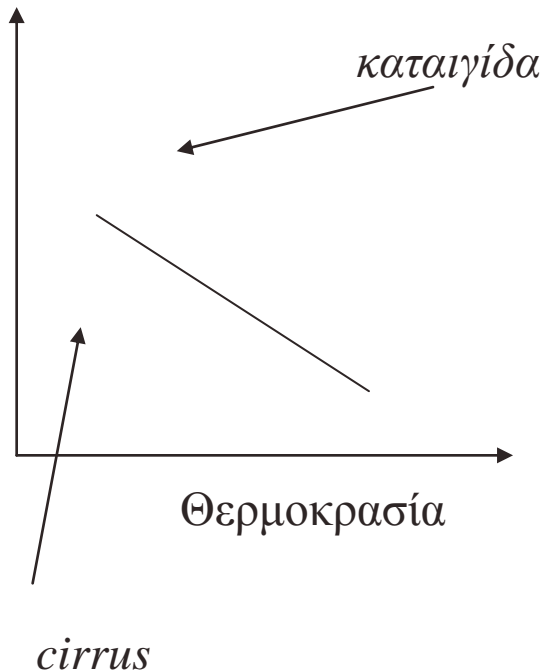
Στις μεθόδους αυτές εικόνες από διαφορετικά μήκη κύματος αναλύονται για την αναγνώριση των πιθανών καταιγιδοφόρων νεφών. Κάτι ανάλογο θα ήταν δύσκολο με την χρήση ενός μόνο καναλιού. Οι μέθοδοι αυτές βασίζονται στη υψηλή συσχέτιση που μπορεί να παρουσιάσουν τα ψυχρά και λαμπερά νέφη με την πιθανότητα εκδήλωσης βροχόπτωσης, κάτι το οποίο είναι χαρακτηριστικό για τα νέφη cumulonimbus. Χαμηλότερη συσχέτιση δίνουν τα ψυχρά και θαμπά νέφη (thin cirrus) ή τα λαμπερά αλλά θερμά (stratus). Η τεχνική RAINSAT αναδεικνύει τους ψυχρούς αλλά όχι υψηλής ανακλαστικότητας νεφικούς σχηματισμούς ή εκείνους που έχουν υψηλή

ανακλαστικότητα με σχετικά θερμή κορυφή. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται στις διφασματικές και πολυφασματικές μεθόδους απαιτεί χρήση της ορατής ακτινοβολίας, υπέρυθρης και επιβλεπόμενης ταξινόμησης με τη χρήση ραντάρ για την αναγνώριση της βροχόπτωσης. Τα δεδομένα από το radar χρησιμοποιούνται κυρίως για επαλήθευση. Η τεχνική RAINSAT εφαρμόστηκε στους δορυφόρους METEOSAT και βελτιστοποιήθηκε στην Βρετανία. Οι Tsonis και Isaak (1985) και ο Tsonis (1987) ανέπτυξαν μεθόδους ομαδοποίησης παρόμοιες με αυτές που εφαρμόστηκαν στις διφασματικές ταξινομήσεις των νεφικών σχηματισμών. Οι περιοχές βροχόπτωσης προσδιορίζονται ταξινομώντας ομάδες εικονοστοιχείων στο δισδιάστατο ιστόγραμμα των VIS/IR και τα δεδομένα από το radar χρησιμοποιούνται για την επιβεβαίωση της μεθόδου. Μια επιχειρησιακή δυσκολία που προκύπτει είναι ότι οι εικόνες στην ορατή περιοχή του φάσματος δεν είναι διαθέσιμες κατά την διάρκεια της νύχτας. Ο συνδυασμός όμως τόσο με εικόνες από την υπέρυθρη περιοχή του φάσματος, όσο και από τα μικροκύματα, θα μπορούσαν να δώσουν ικανοποιητικά αποτελέσματα. (Levizzani *et al*, 2002).

#### **B.2.2.5. Μέθοδοι νεφικών μοντέλων**

Οι μέθοδοι αυτές χρησιμοποιούν στοιχεία από την φυσική των νεφών με σκοπό την ποσοτικοποίηση της βροχόπτωσης. Δεδομένα λαμβάνονται είτε από υπέρυθρες εικόνες είτε από εικόνες μικροκυμάτων. Μία από τις τεχνικές που αναπτύχθηκαν είναι αυτή των Alder και Negri (1988), η οποία σχετίζει τη θερμοκρασία της κορυφής των νεφών με το ρυθμό βροχόπτωσης. Στην μελέτη αυτή αφαιρέθηκαν τα τοπικά ελάχιστα για να εξαιρεθούν τα νέφη που δεν είναι καταιγιδοφόρα (cirrus). Υπολογίζεται η κλίση  $S = T_{1-6} - T_{min}$  όπου  $T_{1-6}$  είναι μέσος όρος των θερμοκρασιών των 6 κοντινότερων pixel.

Εάν η ελάχιστη θερμοκρασία ( $T_{\min}$ ) και η κλίση «πέφτουν» αριστερά της γραμμής όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί τότε έχουμε μη καταγιδοφόρα νέφη. Στην αντίθετη περίπτωση αναμένεται καταγίδα. (Levizzani *et al*,2002).



Προς το παρόν οι μέθοδοι αυτές στηρίζονται στην χρήση πολύ πολύπλοκων αλγορίθμων με αποτέλεσμα να περιορίζεται η χρήση τους, αλλά το γεγονός αυτό αναμένεται να αλλάξει μελλοντικά.

#### **B.2.2.6. Μέθοδοι παθητικών μικροκυμάτων**

Λόγω της μη περατότητας των νεφών στο ορατό και υπέρυθρο φάσμα οι πληροφορίες για την βροχόπτωση λαμβάνονται από την κορυφή των νεφών. Αυτό θα μπορούσε να ξεπερασθεί με την χρήση των παθητικών μικροκυμάτων. Η εκπομπή της ακτινοβολίας από τα σωματίδια της ατμόσφαιρας αυξάνει το σήμα. Αντίθετα η



διάχυση από τα υδρομετέωρα την ελαττώνει. Ο τύπος και το μέγεθος των ανιχνευόμενων υδρομετεώρων εξαρτάται από τη συχνότητα της ανερχόμενης ακτινοβολίας. Πάνω από 60 GHz παρατηρείται έντονη διάχυση από τον πάγο. Τα ραδιόμετρα στην περίπτωση αυτή ανιχνεύουν πάγο και όχι νετό. Κάτω από 22 GHz παρατηρείται έντονη απορρόφηση η οποία επηρεάζει τη μεταφορά της μικροκυματικής ακτινοβολίας. Μεταξύ 19.3 και 85.5 GHz η ακτινοβολία αντιδρά με όλα τα σωματίδια. Γίνεται μια προσπάθεια διερεύνησης της δυνατότητας μέτρησης νετού με στοιχεία του αισθητήρα SSM/I στα 85,5GHz του δορυφόρου πολικής τροχιάς DMSP. (Levizzani *et al*, 2002; Bonifacio *et al*, 1992).

#### **B.2.2.7. Συνδυασμός τεχνικών**

Αρκετές από τις υπάρχουσες τεχνικές στο ορατό / υπέρυθρο επανεξετάστηκαν στην παθητική μικροκυματική περιοχή του φάσματος και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μπορεί να δοθεί λύση σε κάποια προβλήματα που παρουσιάζονται από την εξέταση πληροφοριών για την βροχόπτωση μόνο από πληροφορίες για την κατάσταση της κορυφής των νεφών. Πρόσφατοι αλγόριθμοι δείχνουν ότι οι τεχνικές των παθητικών μικροκυμάτων είναι καλύτερες για στιγμιαίες εφαρμογές πάνω από τους ωκεανούς, ενώ οι τεχνικές του υπέρυθρου ή συνδυασμένες τεχνικές στο υπέρυθρο / μικροκυματικό παρουσίασαν βελτίωση στην περίπτωση της μηνιαίας αθροιστικής βροχόπτωσης κυρίως λόγω της υψηλής χρονικής διακριτικής ικανότητας και άρα της συχνής δειγματοληψίας που είναι διαθέσιμη από γεωσύγχρονες παρατηρήσεις.

Οι Alder και Negri (1988) πρότειναν την προσαρμοσμένη GPI (AGPI) η οποία διορθώνει την GPI μηνιαία εκτίμηση βροχόπτωσης χρησιμοποιώντας έναν προσαρμοστικό παράγοντα που βασίζεται σε δεδομένα της μικροκυματικής και

υπέρυθρης περιοχής του φάσματος. Επίσης, έχουν χρησιμοποιήσει δεδομένα από την μικροκυματική και υπέρυθη περιοχή του φάσματος για να δημιουργήσουν τη νέα παγκοσμίως προσαρμοσμένη GPI (UAGPI) μέθοδο η οποία παρέχει σταθερές εκτιμήσεις της μηνιαίας βροχόπτωσης σε διάφορες χωρικές κλίμακες.

Ο συνδυασμός δεδομένων στο ορατό και στο υπέρυθρο μπορεί να συνεισφέρει κυρίως σε καλύτερη βροχομετρική ταξινόμηση (rain – regime), προπαντός όταν συγχωνεύονται η αναγνώριση σύνθετων νεφών και η ανάκτηση νεφικών παραμέτρων.

### 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο αρχικό στάδιο της τρέχουσας διατριβής χρησιμοποιήθηκαν και επεξεργάστηκαν δορυφορικές εικόνες METEOSAT από την ορατή και υπέρυθρη περιοχή του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, με σκοπό την εξαγωγή εμπειρικών εξισώσεων με την χρήση των οποίων έγινε ο υπολογισμός συγκεκριμένων παραμέτρων. Από τις εικόνες της ορατής περιοχής συγκεντρώθηκε ένα πλήθος δεδομένων που αφορούν στην λευκαύγεια. Παράλληλα από τις εικόνες του υπέρυθρου φάσματος και με την χρήση μοντέλων εκμαιεύτηκαν πληροφορίες που σχετίζονται με την θερμοκρασία της εκάστοτε περιοχής μελέτης. Για την ανάπτυξη της μεθοδολογίας ακολουθήθηκαν τέσσερα βήματα:

Βήμα 1<sup>ο</sup>: Βρέθηκε η εμπειρική εξίσωση που σχετίζει την ελάχιστη θερμοκρασία των νεφών με την αντίστοιχη λευκαύγεια για την περιοχή που εξετάζεται.

$$ALBEDO = 276061 * CTT^{-1.8355} \quad (2.3)$$

Για την εξίσωση αυτή, επιλέχθηκαν σαράντα τυχαίες περιπτώσεις. Εν συνεχεία η σχέση αυτή χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της λευκαύγειας σε κάθε Δημοτικό Διαμέρισμα για συγκεκριμένες ημέρες για τις οποίες είχε παρατηρηθεί βροχόπτωση. Έγινε σύγκριση της εκτιμηθείσας λευκαύγειας με την μετρηθείσα για όλες τις περιπτώσεις.

Από την μεθοδολογία, η οποία αναπτύχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, προέκυψε ότι για κλάση μεγέθους 0,8 – 2,5 mm υετού ο συντελεστής συσχέτισης R ισούται με 0,91 γεγονός που καθιστά την εμπειρική σχέση εφαρμόσιμη και στις υπόλοιπες κλάσεις μεγέθους. Επίσης για ύψος βροχής 2,6 – 7,5 mm, ο συντελεστής συσχέτισης ήταν και σε αυτή την περίπτωση ικανοποιητικός και ίσος με 0,9. Μικρότερη τιμή παρουσίασε για την κλάση μεγέθους μεγαλύτερη των 7,5 mm, ίση με

0,87. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο μικρό αριθμό περιπτώσεων, για την συγκεκριμένη χρονοσειρά, που ήταν μόνο επτά. Το πρόβλημα αυτό ξεπεράστηκε χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις που προέκυψαν σε όλο τον όγκο των δεδομένων, οι οποίες παρουσίασαν υψηλό συντελεστή συσχέτισης ( $R=0.9$ ).

Όμοια μεθοδολογία ακολουθήθηκε για τον υπολογισμό της περιοχικής έκτασης της βροχής, όμως για την συγκεκριμένη περίπτωση προέκυψαν δύο εμπειρικές σχέσεις, για τον λόγο ότι ο υπολογισμός διεξήχθη με βάση την λευκαύγεια και έπειτα βάσει της ελάχιστης θερμοκρασίας των νεφών.

$$AREA = 47.312 * CTT^{-0.6431} \quad (2.4)$$

$$AREA = 1.986 * e^{0.003 * ALBEDO} \quad (2.5)$$

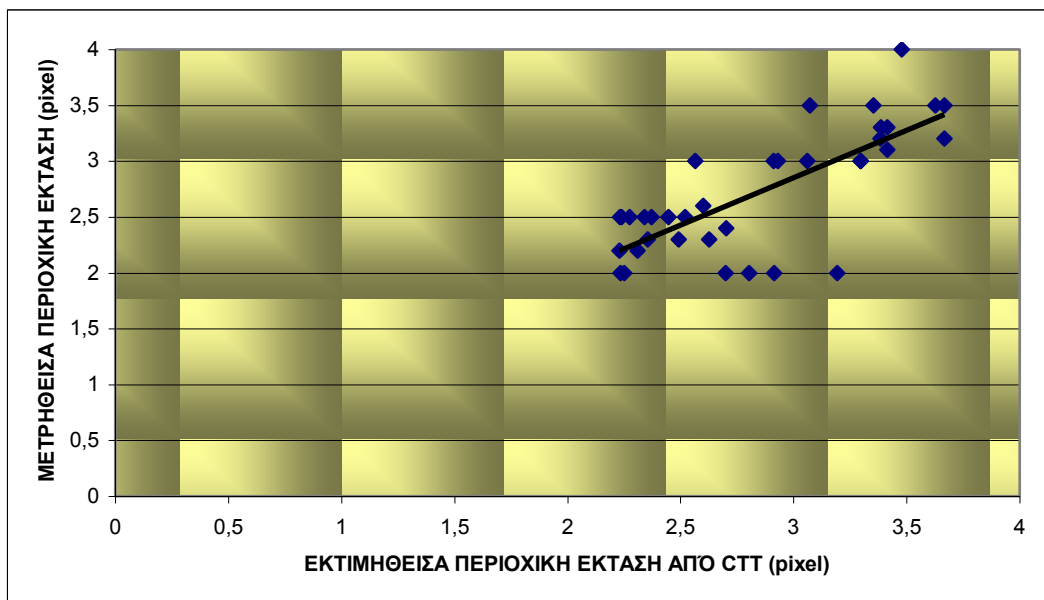
Στον πίνακα 3.1 που ακολουθεί φαίνεται ένα ενδεικτικό μέρος των αποτελεσμάτων.

**Πίνακας 3.1: Τιμές μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής.**

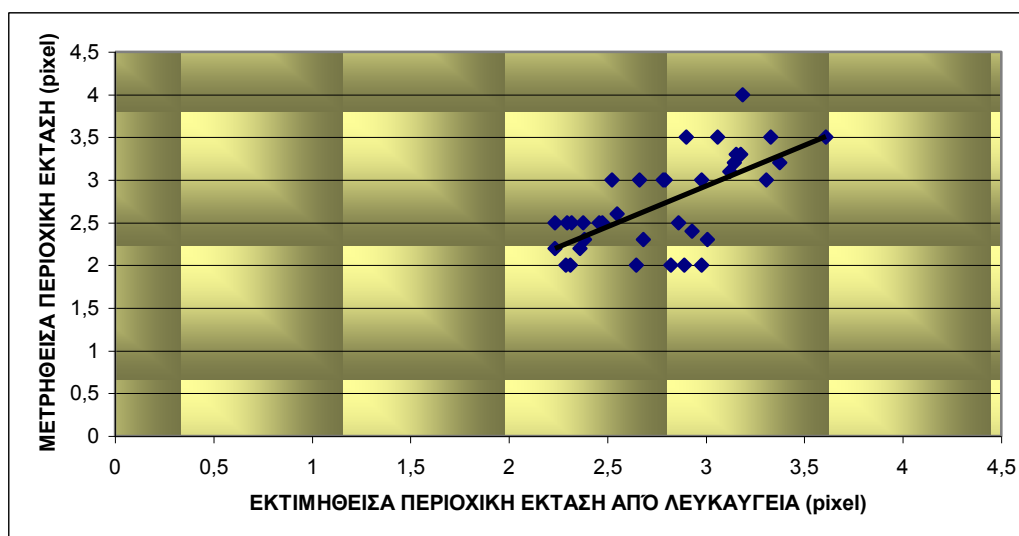
Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Μετρηθείσα AREA (pixel)	AREA <sub>ctt</sub> (pixel)	AREA <sub>albedo</sub> (pixel)
ΑΓΙΑ	7/5/1998	2,7	2,6	2,5
ΑΓΙΑ	8/5/1998	2	2,2	2,3
ΑΓΙΑ	9/5/1998	3,5	3,5	3,2
ΑΓΙΑ	9/5/1998	3,5	3,5	3,5
ΑΓΙΑ	9/5/1998	3	2,6	2,6
ΑΓΙΑ	9/5/1998	3	3	2,7
ΑΓΙΑ	10/5/1998	2,8	2,7	2,9
ΑΓΙΑ	15/5/1998	2,5	2,5	2,5
ΑΓΙΑ	15/5/1998	2,2	2,5	2,6
ΑΓΙΑ	16/5/1998	3	2,6	2,6
ΑΓΙΑ	16/5/1998	3	2,9	3
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	2	2,8	2,9
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/1998	2	2,7	3
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/1998	3	2,9	2,8
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/1998	3,5	3	2,9
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/1998	2,7	2,8	2,8
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/1998	3	3,1	3,5

Όπως παρατηρείται στον προηγούμενο πίνακα η απόκλιση που παρουσιάζεται είναι μικρής κλίμακας γεγονός που εκμαιεύει το συμπέρασμα πως οι δύο σχέσεις είναι ανάλογες σε μεγάλο βαθμό. Παρότι όμως η απόκλιση των τιμών που προαναφέρθηκε

είναι μικρού μεγέθους, επαρκεί για να αλλάξει σε κάποιο βαθμό το συντελεστή συσχέτισης όπως φαίνεται και στα διαγράμματα που ακολουθούν.



Εικόνα 3.1: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από ελάχιστη θερμοκρασία νεφών για κλάση μεγέθους 0.8-2.5mm.

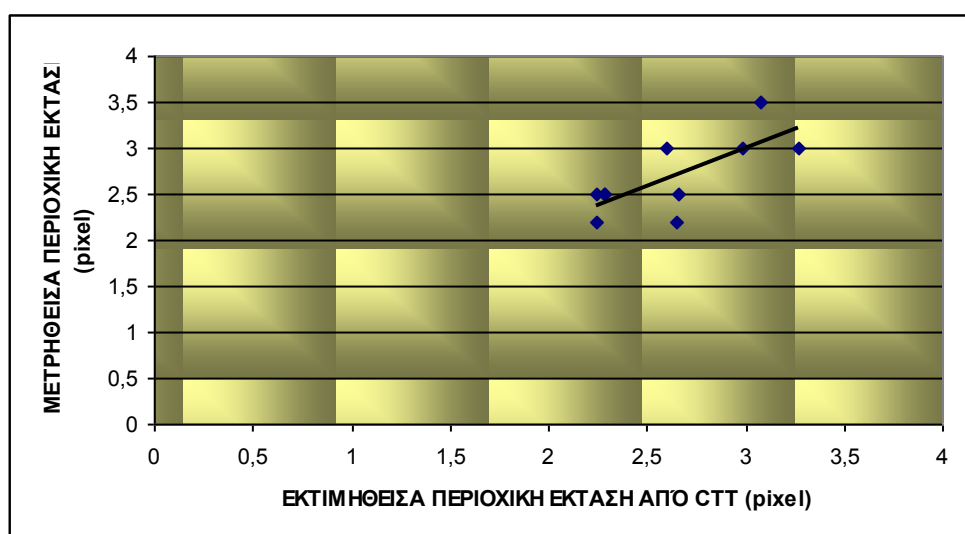


Εικόνα 3.2: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από την λευκαύγεια για κλάση μεγέθους 0.8-2.5mm.

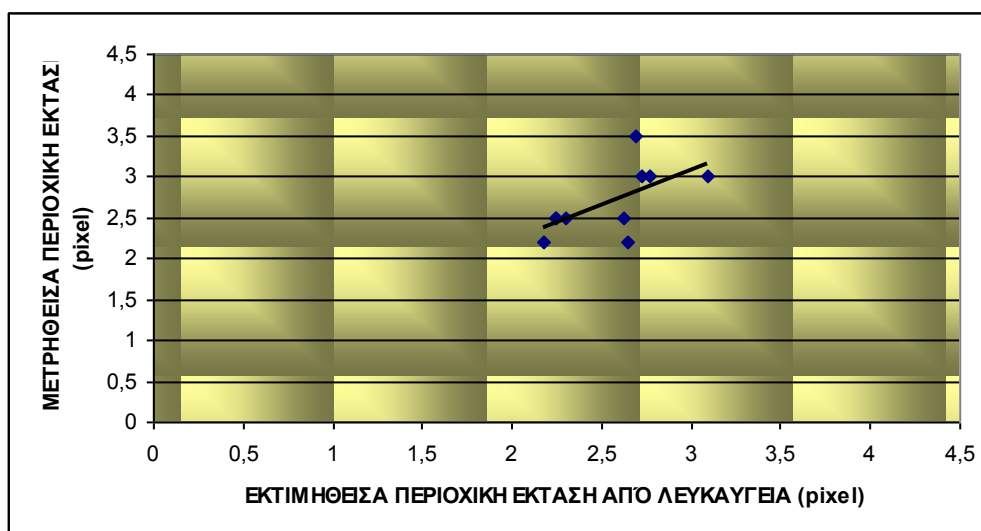
Με τη σύγκριση των διαγραμμάτων εύλογα προκύπτει το συμπέρασμα ότι παρόλο που οι τιμές δεν παρουσιάζουν μεγάλη διαφορά μεγέθους, αυτή είναι αρκετή όπως προαναφέρθηκε για να επηρεάσει το συντελεστή συσχέτισης. Έτσι για το πρώτο

διάγραμμα λαμβάνεται  $R = 0.75$  (Εικόνα 3.1) ενώ για το δεύτερο  $R = 0.65$  (Εικόνα 3.2). Αυτό σημαίνει ότι η εμπειρική εξίσωση που σχετίζει την περιοχική έκταση της βροχής με την ελάχιστη θερμοκρασία των νεφών δίνει πιο ασφαλή αποτελέσματα σε σχέση με την λευκαύγεια.

Ομοίως για το φάσμα τιμών του ύψους βροχής με κλάση μεγέθους από 2.6-7,5mm (Πίνακας 2.12) παρατηρείται το ίδιο φαινόμενο όπως φαίνεται και στα διαγράμματα που ακολουθούν.



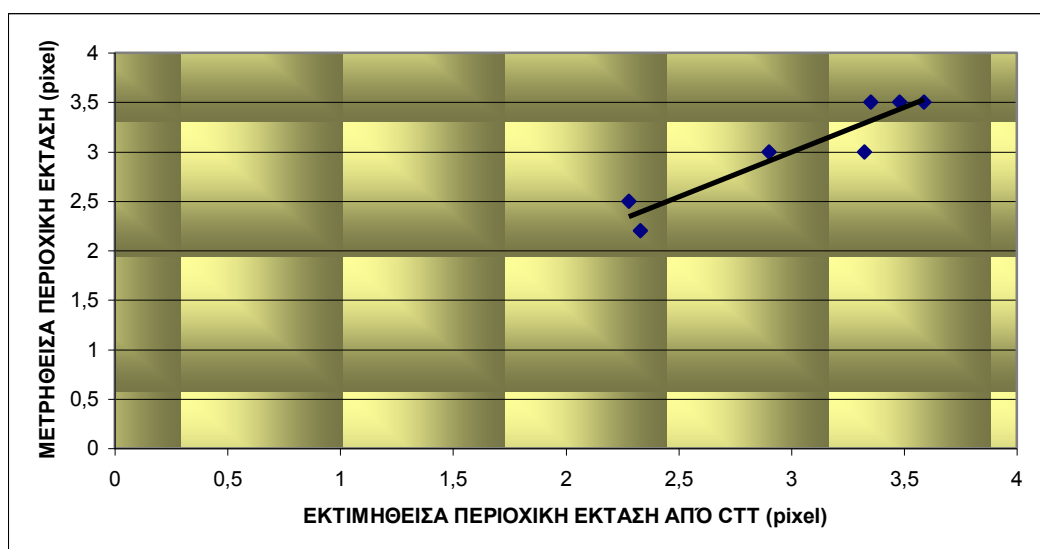
Εικόνα 3.3: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από ελάχιστη θερμοκρασία νεφών για κλάση μεγέθους 2.6-7.5mm.



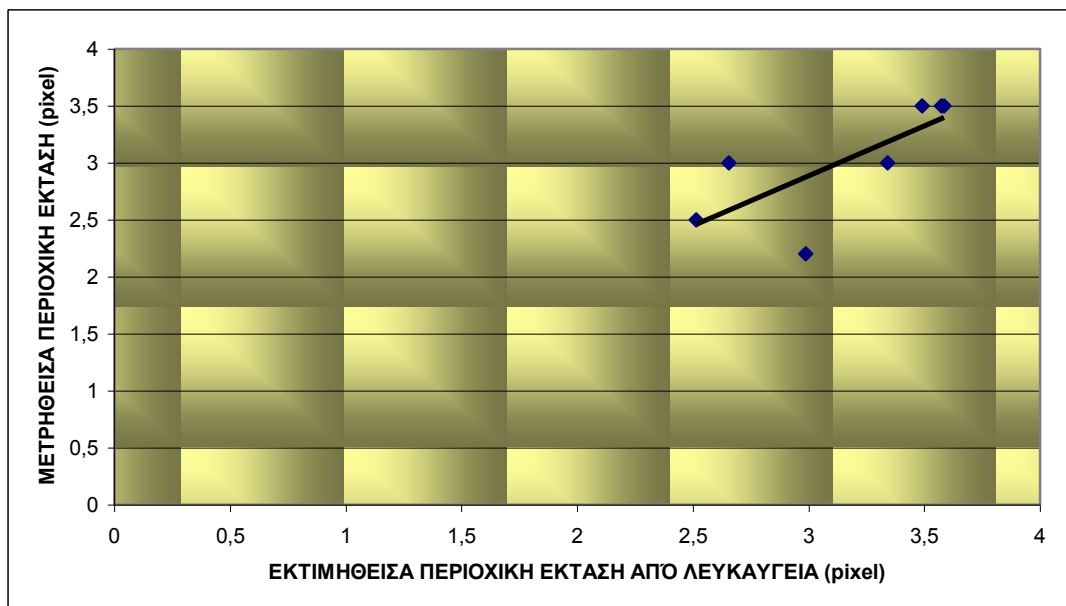
Εικόνα 3.4: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από την λευκαύγεια για κλάση μεγέθους 2.6-7.5mm.

Στην πρώτη περίπτωση που αφορά στη συσχέτιση της περιοχικής έκτασης της βροχής με την ελάχιστη θερμοκρασία των νεφών το  $R$  ισούται με 0.73 (Εικόνα 3.3), ενώ στη συσχέτιση με την λευκαύγεια η τιμή του είναι 0.63 (Εικόνα 3.4). Παρατηρείται λοιπόν, ότι και στις δύο περιπτώσεις η τιμή του συντελεστή συσχέτισης είναι χαμηλή όμως δεν μπορούν να διεξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα διότι το πλήθος τιμών είναι μικρό.

Για το πλήθος τιμών του ύψους βροχής με κλίμακα μεγέθους μεγαλύτερη των 7.5mm (Πίνακας 2.13) παρατηρείται και πάλι ότι η εμπειρική εξίσωση 2.4 δίνει καλύτερα αποτελέσματα συγκρίσει της 2.5.



Εικόνα 3.5: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από ελάχιστη θερμοκρασία νεφών για κλάση μεγέθους >7.5mm.



Εικόνα 3.6: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από την λευκαύγεια για κλάση μεγέθους  $>7.5mm$ .

Ο συντελεστής συσχέτισης για την πρώτη εμπειρική εξίσωση είναι ίσος με 0.94 (Εικόνα 3.5) ενώ για την δεύτερη η τιμή του είναι 0.75 (Εικόνα 3.6). Στην περίπτωση αυτή παρατηρείται η μεγαλύτερη απόκλιση μεταξύ των δύο συντελεστών και αυτό οφείλεται στο ότι οι αποκλίσεις που παρουσιάζονται στις τιμές τυγχάνει να βρίσκονται σε αυτή την κλάση μεγέθους.

Όπως γίνεται αντιληπτό, σε ορισμένες περιπτώσεις όσο αφορά τις κλάσεις τιμών, το πλήθος δεδομένων αποτελείται από μικρό σύνολο παρατηρήσεων. Στις περιπτώσεις αυτές δεν είναι δυνατή η εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων. Έτσι οι εμπειρικές εξισώσεις εφαρμόστηκαν εκτός των κλάσεων βροχής και στο σύνολο των δεδομένων (Εικόνα 2.18).

Όπως παρατηρείται ο συντελεστής συσχέτισης παρουσιάζει κάποια απόκλιση μεταξύ των δύο περιπτώσεων, αφού για την εμπειρική εξίσωση 2.4 που σχετίζει την περιοχική έκταση της βροχής με την ελάχιστη θερμοκρασία της κορυφής των νεφών



προκύπτει ότι  $R = 0.8$  και για την λευκαύγεια (εξίσωση 2.5) ισχύει  $R = 0.7$ . Επομένως συμπεραίνεται εκ νέου ότι από τις δύο εμπειρικές εξισώσεις που υπολογίσθηκαν για τον προσδιορισμό της περιοχικής έκτασης της βροχής, καλύτερη συσχέτιση δίνει η 2.4, τόσο σε κλάσεις μεγέθους όσο και για το σύνολο των δεδομένων.

Βήμα 2<sup>ο</sup>: Στο στάδιο αυτό έγινε ο υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR βάσει ποικίλων παραγόντων:

$$MXRFL = 16.5852 + 0.0295844 * AREA \quad (2.6)$$

όπου:

$MXRFL$  η μέγιστη ανακλαστικότητα του RADAR (dbz) και

$AREA$  η περιοχική έκταση της βροχής (pixel)

Όμοια

$$MXRFL = 13.4337 + \frac{101.429}{CTT} \quad (2.7)$$

όπου:

$MXRFL$  η μέγιστη ανακλαστικότητα του RADAR (dbz) και

$CTT$  η θερμοκρασία των νεφών ( $^{\circ}C$ )

Βήμα 3<sup>ο</sup>: Στο σημείο αυτό υπολογίσθηκε, με την χρήση της εξίσωσης 2.8, η κορυφή της ηχώ του RADAR με την βοήθεια της περιοχικής έκτασης της βροχής, όπως αυτή υπολογίσθηκε βάσει της θερμοκρασίας των νεφών και της λευκαύγειας. Επίσης και με την χρήση της εξίσωσης 2.9 προέκυψε εκ νέου, η κορυφή της ηχώ του RADAR βάσει της θερμοκρασίας των νεφών.

$$ETOP = 3.22653 * AREA^{0.154258} \quad (2.8)$$

$$ETOP = 13.2331 - 2.4159 * \ln(CTT) \quad (2.9)$$

Τελικά, με την χρήση των δύο παραπάνω εξισώσεων, προκύπτει η μέγιστη ανακλαστικότητα του RADAR από τη σχέση:

$$MXRFL = 3.17816 + 9.03297\sqrt{ETOP} \quad (2.10)$$

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τιμές της MXRFL όπως αυτή υπολογίστηκε από όλους τους παραπάνω εμπειρικούς αλγόριθμους.

**Πίνακας 3.2: Τιμές της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR.**

Δ.Δ	MXRFL <sub>area</sub> (dbz)	MXRFL <sub>ett</sub> (dbz)	MXRFL <sub>etoparea</sub> (dbz)	MXRFL <sub>etopctt</sub> (dbz)	MXRFL <sub>areaalbedo</sub> (dbz)	MXRFL <sub>etop</sub> (dbz)
ΑΓΙΑ	16,651	14,313	20,441	15,175	16,653	20,474
ΑΓΙΑ	16,676	14,869	20,865	18,683	16,664	20,678
ΑΓΙΑ	16,658	14,447	20,563	16,283	16,658	20,578
ΖΑΓΟΡΑ	16,651	14,317	20,445	15,208	16,654	20,492
ΖΑΓΟΡΑ	16,652	14,324	20,452	15,274	16,654	20,487
ΖΑΓΟΡΑ	16,653	14,339	20,466	15,408	16,651	20,442
ΖΑΓΟΡΑ	16,668	14,686	20,747	17,793	16,671	20,787
ΖΑΓΟΡΑ	16,671	14,763	20,798	18,185	16,668	20,741
ΖΑΓΟΡΑ	16,651	14,311	20,439	15,149	16,651	20,442
ΖΑΓΟΡΑ	16,651	14,313	20,441	15,172	16,653	20,478
ΖΑΓΟΡΑ	16,659	14,477	20,588	16,504	16,674	20,842
ΖΑΓΟΡΑ	16,655	14,400	20,522	15,921	16,658	20,568
ΖΑΓΟΡΑ	16,665	14,616	20,696	17,399	16,672	20,806
ΖΑΓΟΡΑ	16,660	14,495	20,603	16,628	16,670	20,774
ΖΑΓΟΡΑ	16,654	14,361	20,487	15,600	16,655	20,514
ΤΣΑΡ/ΝΗ	16,694	15,335	21,114	20,378	16,685	21,000
ΤΣΑΡ/ΝΗ	16,686	15,135	21,015	19,729	16,678	20,893
ΤΣΑΡ/ΝΗ	16,683	15,045	20,967	19,401	16,683	20,972
ΤΣΑΡ/ΝΗ	16,683	15,045	20,967	19,401	16,673	20,829
ΤΣΑΡ/ΝΗ	16,663	14,566	20,659	17,094	16,665	20,687
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	16,692	15,303	21,099	20,279	16,684	20,981
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	16,685	15,111	21,003	19,644	16,678	20,902
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	16,694	15,335	21,114	20,378	16,692	21,093
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	16,684	15,088	20,991	19,562	16,676	20,865
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	16,685	15,114	21,004	19,655	16,679	20,907

Όπως φαίνεται και από τον πίνακα 3.2 το μέγεθος των παραγόντων είναι κλίμακας μικρότερης του 40dbz. Παρατηρείται πως οι μεγαλύτερες τιμές ανακλαστικότητας προκύπτουν από την σχέση που χρησιμοποιεί τον παράγοντα ETOP όπως αυτός υπολογίστηκε βάσει του AREA. Μικρότερες τιμές εμφανίζονται όταν ο υπολογισμός γίνεται με την βοήθεια της ελάχιστης θερμοκρασίας των νεφών. Οι υπόλοιποι παράγοντες παρουσιάζουν τιμές που βρίσκονται στο διάστημα μεταξύ των δύο προηγούμενων. Έτσι εξάγεται το συμπέρασμα πως όλες οι περιπτώσεις

αναφέρονται σε βροχόπτωση. Σημειωτέων δε πως οι τιμές της ανακλαστικότητας του RADAR είναι χαμηλές, της τάξης των 14-17dbz, για το λόγο ότι οι βροχοπτώσεις που παρουσιάστηκαν στις συγκεκριμένες περιπτώσεις ήταν ασθενείς, της τάξης των 0,8-8mm. Τιμές μέγιστης ανακλαστικότητας μεγαλύτερες του 40dbz θα δήλωναν την ύπαρξη χαλαζόπτωσης.

Βήμα 4<sup>ο</sup>: Στο τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας, υπολογίσθηκε ένας νέος αλγόριθμος για την μέτρηση του ύψους βροχής. Η σχέση που συνδέει την ανακλαστικότητα του RADAR με το ύψος βροχής βρέθηκε να είναι:

$$Z = 15.037 * R^{0,15} \quad (2.11)$$

όπου:

Z η μέγιστη ανακλαστικότητα του RADAR (dbz)

R το ύψος βροχής (mm)

Για το λόγο ότι τα δεδομένα ύψους βροχής μεγαλύτερο των 2,5mm και για το χρονικό διάστημα 1998-2000 είναι λίγα στο σύνολό τους, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα βροχόπτωσης αντίστοιχου ύψους, προηγούμενων ετών για την επιβεβαίωση της εμπειρικής εξίσωσης 2.11. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα στο σύνολό τους.

**Πίνακας 3.3: Αποτελέσματα συσχέτισης μετρηθείσας και εκτιμηθείσας βροχόπτωσης.**

ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ	MXRFL (εξίσωση 2.10)	Εκτιμηθείσα βροχόπτωση (εξίσωση 2.11)	Μετρηθείσα βροχόπτωση
ΖΑΓΟΡΑ	5/5/1993	11.00	18,98471	4,682552	6,2
ΖΑΓΟΡΑ	5/5/1993	12.00	18,60768	4,100039	6,4
ΖΑΓΟΡΑ	5/5/1993	13.00	18,67782	4,203477	6
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1994	21.00	19,82221	6,232198	5,8
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1994	22.00	21,66538	11,22962	7,8
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1994	23.00	22,56877	14,71834	8,2
ΖΑΓΟΡΑ	1/5/1997	0.00	18,99224	4,694852	6,2
ΖΑΓΟΡΑ	1/5/1997	1.00	19,10054	4,875024	5,6
ΖΑΓΟΡΑ	1/5/1997	6.00	19,37363	5,355589	5,8
ΖΑΓΟΡΑ	1/5/1997	7.00	19,9043	6,405121	6,3
ΖΑΓΟΡΑ	1/5/1997	9.00	19,4654	5,525836	5,9
ΖΑΓΟΡΑ	1/5/1997	10.00	19,28768	5,200184	6,4
ΖΑΓΟΡΑ	1/5/1997	15.00	19,66892	5,91988	6,7
ΖΑΓΟΡΑ	1/5/1997	16.00	19,61532	5,813858	6,2
ΑΓΙΑ	7/5/1994	6.00	19,94974	6,502586	6,6
ΑΓΙΑ	7/5/1994	7.00	19,59473	5,77356	5,6
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	7/5/1997	5.00	18,03637	3,33502	5,4
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	30/5/1996	9.00	19,00757	4,720013	5,8
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	30/5/1996	15.00	18,63839	4,145057	5,4
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	6/5/1994	19.00	19,43116	5,461781	6
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	11/5/1994	17.00	18,13567	3,458521	6,2
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	25/5/1993	19.00	19,49352	5,578928	6
ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ	6/5/1994	16.00	21,00015	9,134181	6,8
ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ	11/5/1994	16.00	18,10936	3,425429	5,2
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	2/5/1994	18.30	19,18484	5,019286	6,4
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	6/5/1994	17.00	20,78088	8,52082	6,7

Παράλληλα, αναφέρεται πως η σχέση που προέκυψε μεταξύ της βροχόπτωσης και της ανακλαστικότητας (Z-R), δύναται να χρησιμοποιηθεί για τάξεις βροχόπτωσης μικρότερες των 10mm. Σε αντίθετη περίπτωση απαραίτητη κρίνεται η εύρεση νέου αλγορίθμου κατάλληλο για ισχυρότερες βροχοπτώσεις.

Τέλος, για την παρούσα εργασία, σημειώνεται πως ο συντελεστής συσχέτισης που προέκυψε βάσει των δεδομένων της παρούσας εργασίας είναι ικανοποιητικού μεγέθους ( $R = 0.87$ ). Επίσης, οι τιμές των συντελεστών a, b της εξίσωσης 2.11 είναι χαμηλές λόγω των ασθενών βροχοπτώσεων που παρουσιάστηκαν τα έτη για τα οποία έγινε η μελέτη, γεγονός που επιβεβαιώνει τη βιβλιογραφία. Όσο ασθενέστερες δηλαδή

οι βροχοπτώσεις τόσο μικρότερες και οι τιμές των δύο συντελεστών. Εύλογα λοιπόν προκύπτει το συμπέρασμα πως η εμπειρική εξίσωση Z-R της εκπονηθείσας μελέτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ικανοποιητική ακρίβεια τόσο για την περιοχή της Θεσσαλίας όσο και για την υπόλοιπη Ελλάδα όταν αναφερόμαστε όμως, σε ασθενείς βροχοπτώσεις και όχι σε ακραία καιρικά φαινόμενα.

#### 4: ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η εκτίμηση της βροχόπτωσης για την περιοχή της Θεσσαλίας, από θερμικές εικόνες METEOSAT καθώς επίσης και εικόνες από την ορατή περιοχή του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Στο πρώτο στάδιο της επεξεργασίας έγινε η ομογενοποίηση των δορυφορικών εικόνων και για τις δύο περιοχές του φάσματος, για την σειρά ετών 1998 – 2000, για τον μήνα Μάιο. Εν συνεχεία, βρέθηκαν οι κατώτερες τιμές της θερμοκρασίας των νεφών πάνω από τις περιοχές για τις οποίες είχε παρατηρηθεί βροχόπτωση. Οι εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν στο στάδιο αυτό, αναφέρονται στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Με τον τρόπο αυτό δημιουργήθηκαν πίνακες, για όλα τα Δ. Διαμερίσματα, με τις αντίστοιχες τιμές της θερμοκρασίας των νεφών.

Στο επόμενο στάδιο, επιλέχθηκαν τυχαία, σαράντα περιπτώσεις από το πλήθος των δεδομένων, για τις οποίες, με την βοήθεια των εικόνων από την ορατή περιοχή του φάσματος και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S), βρέθηκε η λευκαύγεια. Αποτέλεσμα ήταν η διεξαγωγή μιας εμπειρικής σχέσης μεταξύ λευκαύγειας και ελάχιστης θερμοκρασίας νεφών. Η σχέση αυτή εφαρμόσθηκε σε όλα τα δεδομένα και έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα τόσο σε κλάσεις βροχής όσο και στο σύνολο των τιμών. Με τον τρόπο αυτό θα μπορούσε εύκολα και γρήγορα να υπολογιστεί η λευκαύγεια μιας περιοχής που παρουσιάζει νετό ή και έντονες καταιγίδες γνωρίζοντας μόνο την τιμή της ελάχιστης θερμοκρασίας του νέφους πάνω από την συγκεκριμένη περιοχή. Όμοια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τον υπολογισμό της περιοχικής έκτασης της βροχής (AREA). Δημιουργήθηκαν πάλι πίνακες με την

περιοχή όπως μετρήθηκε με την βοήθεια των G.I.S, και υπολογίστηκαν δύο εξισώσεις συσχέτισης της AREA με την ελάχιστη θερμοκρασία της κορυφής των νεφών και της λευκαύγειας. Τα αποτελέσματα που έδωσαν και αυτές οι σχέσεις ήταν αρκετά ικανοποιητικά αφού εφαρμόστηκαν σε όλο το πλήθος των δεδομένων και οι συντελεστές συσχέτισης είχαν ικανοποιητικές τιμές.

Ένα μεγάλο πρόβλημα που προέκυψε από την διεξαγωγή της έρευνας ήταν η μη συνεχόμενη ροή δορυφορικών δεδομένων η οποία παρουσίαζε συχνά κενά. Παράλληλα ελλείψεις υπήρχαν και στα δεδομένα που παρείχαν πολλοί από τους βροχομετρικούς σταθμούς με αποτέλεσμα να υπάρχουν κενά που οδήγησαν στη μείωση των δεδομένων.

Αναφορικά παρατίθεται ότι όμοια μεθοδολογία με αυτήν της βροχόπτωσης ακολουθήθηκε για το χαλάζι και βρέθηκαν εμπειρικές σχέσεις για τον υπολογισμό της λευκαύγειας και της περιοχικής έκτασης της βροχής. Τα αποτελέσματα ήταν εξίσου ικανοποιητικά στις περισσότερες των περιπτώσεων. Δυσεπίλυτο πρόβλημα, σε μελέτες του συγκεκριμένου τύπου είναι ο διαχωρισμός βροχόπτωσης και χαλαζιού. Αυτό έγκειται στο ότι οι παρατηρήσεις που αποκομίζονται λαμβάνονται από μηχανικά και ηλεκτρονικά μέσα τα οποία δεν έχουν την ικανότητα να διαχωρίσουν την βροχόπτωση από την χαλαζόπτωση αλλά μετρούν το ύψος βροχής ανεξάρτητα αν αυτό σε κάποιες περιπτώσεις οφείλεται σε λιωμένο χαλάζι. Έτσι οι σταθμοί μετεωρολογικών παρατηρήσεων θα ήταν απαραίτητο να επανδρωθούν από ανθρώπινο δυναμικό το οποίο έχει την δυνατότητα του διαχωρισμού αυτών των δύο καιρικών φαινομένων.

Εξάλλου, ακόμη καλύτερη αντιμετώπιση του συγκεκριμένου προβλήματος και με σαφώς λιγότερο έως και μηδαμινό κόστος, θα ήταν η εκπόνηση μιας νέας μελέτης η οποία θα διαχώριζε με την βοήθεια ειδικών αλγορίθμων τα δύο καιρικά φαινόμενα και

θα έκανε έτσι τα αποτελέσματα των παρατηρήσεων περισσότερο πρόσφορα προς επεξεργασία, μελέτη και διεξαγωγή πολύτιμων και ασφαλών συμπερασμάτων.

Τέλος, όπως φαίνεται, με την εφαρμογή των προαναφερθέντων δύο επιλογών αντιμετώπισης, θα ήταν πολύ απλούστερη η μελέτη των ακραίων καιρικών φαινομένων, αφού οι εξισώσεις που βρέθηκαν από την συγκεκριμένη εργασία εξάγουν ικανοποιητικά και γρήγορα αποτελέσματα τόσο για τον νετό όσο και για το χαλάζι. Η ακρίβεια και η ορθότητα των αποτελεσμάτων επιτρέπει την χρήση της συγκεκριμένης μεθοδολογίας με ικανοποιητική ασφάλεια όχι μόνο στην περιοχή της Θεσσαλίας αλλά και στην υπόλοιπη Ελλάδα. Λόγω της διαφορετικότητας των κλιματικών συνθηκών των Δημοτικών Διαμερισμάτων στη χώρα μας, η μεθοδολογία της παρούσας διατριβής θα μπορούσε να προσαρμοστεί ανάλογα για την κάθε περιοχή μελέτης. Αποτέλεσμα θα ήταν η εξαγωγή παρόμοιων εμπειρικών αλγορίθμων με διαφορετικούς συντελεστές για την κάθε εξίσωση. Άλλωστε η εφαρμογή της μεθοδολογίας σε Γερμανία, Ιαπωνία Καναδά και αρκετές άλλες χώρες έδωσε ικανοποιητικές προσεγγίσεις ποσοτικού προσδιορισμού της βροχόπτωσης, του χαλαζιού και του χιονιού.



## 5: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adler, R. F. & A. J. Negri, 1988. A satellite infrared technique to estimate tropical convective and stratiform rainfall, *J. Appl. Meteorol.*, 27, 30-51.
- Anagnostou, E. N., Negri, A. J. & Adler, R. F. 1999. A satellite infrared technique for diurnal rainfall variability studies, *J. Geophys. Res.*, 104, 31477–31488.
- Arkin, P. A. & Meisner, B. N., 1987. The relationship between large-scale convective rainfall and cold cloud over the Western Hemisphere during 1982-84, *Mon. Wea. Rev.*, 115, 51-74.
- Barge, B. L., Humphries, R. G., Mah, S. J., and W. K. Kuhnke, 1979: Rainfall Measurements by Weather Radar Applications to Hydrology. *Water Resour. Res.*, Vol 15, No 6, Dec., pp. 1380-1386.
- Barret, E.C. & Martin, D.W., 1981. *The Use of Satellite Data Rainfall Monitoring*, Academic Press, London.
- Bonifacio, R., Dugdale, G. and Milford, J.R., 1992. Combination of Meteosat data with NOAA/AVHRR VIS and NIR data and with SSM/I Microwave data for studies of vegetation and soil moisture over Sahelian West Africa. 9th Meteosat Scientific User's Meeting, 15th-18th September 1992, Locarno, Switzerland.
- Brandes, E.A., 1975: Optimizing Rainfall Estimates with the Aid of Radar. *J. Appl. Meteorol.*, 14, pp. 1339-1345.
- Cain, D. E. and P. L. Smith, 1976: Operational Adjustment of Radar Estimated Rainfall with Rain Gage Data: A Statistical Evaluation. Preprints, 17<sup>th</sup> Conf. on Radar Meteor., Seattle, AMS, pp. 533-538.
- Cataneo, R., 1969. A method for Estimating Rainfall Rate – Radar Reflectivity Relationships.
- Chapa, S. R., Milford, J.R. and Dugdale, G., 1992. Climatology of satellite-derived cold cloud duration. Over Sub-Saharan Africa. 9<sup>th</sup> Meteosat Scientific User's Meeting, 15<sup>th</sup>-18<sup>th</sup> September 1992, Locarno, Switzerland.
- Crozier, C. L., 1975: A C-Band Meteorological Radar System for Quantitative Measurement and Cloud Physics Research. *Atm. Env. Service, Meteorol. Memoirs*, N. 30.

- Dalezios, N.R., 1988: Objective Rainfall Evaluation in Radar Hydrology. *J. of Water Resour. Plan. And Management (JWRMDS)*, ASCE, 114(5), Sep., 531-546.
- Dalezios, N.R., 1990: Digital Processing of weather Radar Signals for Rainfall Estimation. *Intern. Journal of Remote Sensing*, 11(9), 1561-1569.
- Dalezios, N.R., C. Domenikiotis, A. Loukas, and C. Stoforiadis (2000) Discriminating Hailstorms and Rainstorms by Using METEOSAT (Ir) and Weather Radar Data, 25-29 April 2000, Nice, France, *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 2, 2000.
- Dalezios, N.R, Domenikiotis, C., Loukas (2001). "Identification procedure of severe rainstorms and hailstorms using satellite and radar data". XXVI General Assembly of the European Geophysical Society, Nice, France, 25-30 March 2001 *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 3.
- European Organization for the Exploitation of the Meteorological Satellites, [www.eumetsat.de](http://www.eumetsat.de).
- Griffith, C. G., Woodley, W. L., Grube, P. G., Martin, D. W., Stout, J. & Sikdar, D. N., 1978. Rain estimation from geosynchronous satellite imagery - Visible and infrared studies, *Mon. Wea. Rev.*, 106, 1153-1171.
- Gruber, A.,1973. Estimating rainfall in regions of active convection, *J. Appl. Meteorol.*, 12, 110-118.
- Levizanni, V, Amorati, R. & Meneguzzo F., 2002. A Review of Satellite-based Rainfall Estimation Methods. *MUSIC – Report "Sustainable Management and Quality of Water" within the Energy, Environment and Sustainable Development*, European Commission.
- Lovejoy, S. & Austin, G. L.,1979. The delineation of rain areas from visible and IR satellite data from GATE and mid-latitudes, *Atmos.-Ocean*, 17, 77-92.
- Marshall, J.S. & Palmer, McK. W.,1948. The distribution of Raindrops With Size. *J. Meteorol.*, Vol. 5, pp. 165-166.
- Milford, J.R. & Dugdale, G., 1990. Estimation of rainfall using geostationary satellite data, *Applications of remote Sensing in Agriculture*, ed M.D. Steven and J.A. Clark, Butterworth, London, pp 97-110.
- Mohammedberhan, N., 1998. Satellite based rainfall estimation over Eritrea. MSc dissertation, University of Reading, UK.

- Negri, A. J. & Adler, R. F., 1993. An intercomparison of three satellite infrared rainfall techniques over Japan and surrounding waters, *J. Appl. Meteorol.*, 32, 357-373.
- Negri, A. J., Adler, R. F. & Wetzel, P. J., 1984. Rain estimation from satellite: An examination of the Griffith-Woodley technique, *J. Climate Appl. Meteorol.*, 23, 102-116.
- Probert – Jones, J. R., 1962: The Radar Equation in Meteorology. *Quart. J. of the RMS*, Vol. 88, pp. 485-495.
- Smith, P. L., Cain, D. E. & Dennis, A. S., 1981. Derivation of an R – Z Relationship by Computer Optimization and its Use in Measuring Daily Areal Rainfall.
- Sioutas, M. V., & Rudolf, R. C., 1992. Z – R relationships for Summertime Convective Rainfall in Northern Greece.
- Stout, G.E. and E.A. Mueller, 1968: Survey of Relationships Between Rainfall Rate and Radar Reflectivity in the Measurement of Precipitation. *J. of Appl. Meteorol.*, June, pp. 465-474.
- Tsonis, A. A., & Isaac, G. A., 1985. On a new approach for instantaneous rain area delineation in the midlatitudes using GOES data, *J. Climate Appl. Meteorol.*, 24, 1208-1218.
- Tsonis, A. A., 1987. Determining rainfall intensity and type from GOES imagery in the Midlatitudes, *Remote Sens. Environ.*, 21, 29-36.
- Wilson, J.W., and E.A. Brandes, 1979: Radar Measurement of Rainfall – A Summary. *Bull. AMS*, Vol. 60, No. 9, Sep., pp. 1048-1058.
- Zawadzki, I.I., 1975: On Radar – Rainage Comparison. *J. of Appl. Meteorol.*, Vol. 14, Dec., pp. 1430-1436.

## ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Δαλέζιος, Ν.Ρ, Πρόγραμμα Επιμόρφωσης Εκπαιδευτικών της Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος 1999.
- Δαλέζιος, Ν.Ρ, Περιβαλλοντική Τηλεπισκόπηση, Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος 2002.

Φλόκας, Α, Μαθήματα μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Εκδόσεις Ζητη, Θεσσαλονίκη, 1997.

#### **ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

[http://www.civilprotection.gr/description\\_storm.htm](http://www.civilprotection.gr/description_storm.htm)

[www.eumetsat.com](http://www.eumetsat.com)

## 6: ABSTRACT

The water constitutes the fundamental factor for the creation of life. Plants and animals are depended from water and particularly from the quantities that is available. With the byway of years and the development of agriculture, the rainfall constituted the basic tool for the culture of ground. Many times however, when this is intense, apart from basic good it constitutes also big danger for the person and his activities. This becomes with the creation of extreme meteorological phenomena. For the region of Greece the more important destructions involve heat wave, the drought, the frost, the powerful storms and the hail. The development of time is still essential in the shipping, the aviation, the telecommunications but even in the simplest daily habits. The cost in the world economy exceeds today the 60 billions dollars annually from which the 1/3 correspond in the expenses for the forecast, prevention and for the reject of destructions and the remainder 2/3 correspond in the direct damage from destructions and their re-establishment. These problems, a long time occupied the humanity and they rendered imperative the need for creation of new science, that aim would have the forecast and the development of meteorological phenomena. On the initial stage the meteorology was based on the collection of land rainfall data and on the observation of temperature change. With the development however, the main tool of meteorology became the Remote Sensing Data.

The land radars that are used for the determination of rainfall give satisfactory results, however present problem as the rain gauges with regard to the cover extensive land or marine regions. The last decades the meteorological satellites provide cover and information on the rainfall information. These satellites provide the possibility of calculation of temperature with the application of suitable algorithms. At the same time the cost of collection of information is much smaller than that of land stations. With the use of

pictures from the visible and infrared region of spectrum of radiation becomes the estimate of rainfall.

The aim of this research is the estimation of precipitation in the region of Thessaly, using METEOSAT satellite data in infrared (IR) and visible (VIS) regions of radiation spectrum. For the particular work the research became for the years 1998 to 2000. It is reported also, that the research concerns the visible and the infrared region of spectrum of radiation.

Initially a series of data of satellite pictures per half hour were assembled that is corresponded in the month May for the years that have been reported. A model was created, which with the help of algorithms, converts the 48 pictures of one day in one single picture, which constitute composition of all precedents. Moreover, were found the days at which was observed rainfall. Then the minimum value of cloud temperature above the particular regions was received using the Arc Map 9.1 software on the satellite data. The pictures that were used in this stage are reported in the infrared region of spectrum of radiation. In the next step, forty accidental cases from the data were received. For these cases the minimum temperature of cloud top for each one respectively was found, with the help of pictures from the infrared region of radiation spectrum. Then with the use of program Arc Map of Geographic Systems Information (GIS) the reflectivity for the particular regions was found. The extent of cloud region with the minimum temperature was found based on the same program, and it calculated in pixels. Using this process three empirical relationships were found which the two of them connect the minimal temperature of the top of clouds with the areal extent of storm (AREA) and with the reflectivity (albedo), and the third one connects the areal extent of storm (AREA) with the reflectivity (albedo). After, the three relations above

were used for the entire time series validation. In the last step, after having approached the maximum reflectivity (MXRFL) of the RADAR, the relationship between MXRFL and rainfall ( R) was found. This empirical algorithm was used to estimate rainfall for a time of series. Finally, the rainfall that was estimated compared with the values that were taken from earthly stations in Thessaly.

This approach seems to provide satisfactory results for the estimation of the extent area of storm, as well as the reflectivity of the precipitation values in a region. The main problem is the definition of rainfall and hailstorm among data. This problem could be solved using specialized algorithms for this definition.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

**Π1: Τιμές ελάχιστης θερμοκρασίας νεφών ανά περιοχή.**

**Π2: Τιμές μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας.**

**Π3: Τιμές μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής.**

**Π4: Τιμές κορυφής της ηχώ του RADAR.**

**Π5: Τιμές μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR.**

**Π6: Πίνακες συντελεστών  $a, b$  του METEOSAT.**

**Π7: Μοντέλα.**

**Π8: Δορυφορικές εικόνες με τις ημέρες που παρουσίασαν βροχοπτώσεις**



## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1**

**Τιμές ελάχιστης θερμοκρασίας νεφών ανά  
περιοχή**

**Π1.1: Ενδεικτικός πίνακας ελάχιστης θερμοκρασίας νεφόν ανά περιοχή.**

<b>Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ</b>	<b>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</b>	<b>mm</b>	<b>layer</b>	<b>CTT</b>	<b>CTT+100</b>
ΑΓΙΑ	8/5/1998	0,8	27	15,2879	115,2879
ΑΓΙΑ	9/5/1998	0,8	31	-29,3305	70,6695
ΑΓΙΑ	15/5/1998	0,8	15	0,108121	100,1081
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	0,8	23	14,8243	114,8243
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	0,8	25	13,9025	113,9025
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	1,8	31	12,0299	112,0299
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	2,2	29	-19,0375	80,9625
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/1998	1,4	17	-23,6768	76,3232
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	1	17	15,6541	115,6541
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	0,8	19	15,33	115,33
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	0,8	19	-2,8077	97,1923
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	2	23	4,97663	104,9766
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	1,8	25	-14,2373	85,7627
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	0,8	29	-4,43798	95,56202
ΖΑΓΟΡΑ	27/5/1998	1	21	9,36528	109,3653
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	1,6	15	-46,661	53,339
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	1	17	-40,3864	59,6136
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	0,8	19	-37,0487	62,9513
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	10/5/1998	1	29	-37,0487	62,9513
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	15/5/1998	1,2	17	-10,425	89,575
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	1	15	-45,7266	54,2734
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	1,2	17	-39,5367	60,4633
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	1,2	23	-46,661	53,339
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	10/5/1998	0,8	31	-38,6974	61,3026
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	25/5/1998	1,4	23	-39,6394	60,3606
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	1,8	27	-6,99012	93,00988
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	1,8	29	6,22218	106,2222
ΑΓΙΑ	8/5/1998	0,8	27	15,2879	115,2879
ΑΓΙΑ	9/5/1998	0,8	31	-29,3305	70,6695
ΑΓΙΑ	15/5/1998	0,8	15	0,108121	100,1081
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	0,8	23	14,8243	114,8243
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	0,8	25	13,9025	113,9025
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	1,8	31	12,0299	112,0299
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	2,2	29	-19,0375	80,9625
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/1998	1,4	17	-23,6768	76,3232
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	1	17	15,6541	115,6541
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	0,8	19	15,33	115,33
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	0,8	19	-2,8077	97,1923

**Π1.2: Ενδεικτικός πίνακας ελάχιστης θερμοκρασίας νεφών ανά περιοχή.**

<b>Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ</b>	<b>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</b>	<b>mm</b>	<b>layer</b>	<b>CTT</b>	<b>CTT+100</b>
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	1	31	7,21116	107,2112
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	1,4	15	-40,3864	59,6136
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	1	23	-42,1188	57,8812
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	0,8	25	-33,8628	66,1372
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	1,2	27	-23,7497	76,2503
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	1,8	29	-14,145	85,855
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	4/5/1999	1,4	27	-29,7763	70,2237
ΖΑΓΟΡΑ	29/5/1999	1,2	19	-9,02722	90,97278
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	24/5/1999	2,4	25	-24,4768	75,5232
ΑΓΙΑ	8/5/1998	3,6	29	14,3661	114,3661
ΑΓΙΑ	8/5/1998	2,6	31	14,3661	114,3661
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	3,6	27	11,557	111,557
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	3,8	29	11,557	111,557
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	4,8	27	-36,2388	63,7612
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	2,6	31	-30,0671	69,9329
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	3,0	31	-26,4529	73,5471
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	4,0	25	-11,4545	88,5455
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	3,8	27	-12,122	87,878
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	3,2	29	-8,83049	91,16951
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	6	25	-27,1624	72,8376
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1998	5,8	23	57,5528	157,5528
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	8,8	19	-44,8056	55,1944
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	8,4	23	-38,6974	61,3026
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	18/5/1998	8,2	3	-23,1975	76,8025
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	9	17	11,7402	111,7402
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	7,8	19	7,8806	107,8806
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	10,8	21	-42,1187	57,8813
ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ	14/5/1998	20	27	-37,8553	62,1447

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2**

### **Τιμές μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας**

**Π2.1: Σύγκριση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας λευκαύγειας (Εξίσωση 2.3).**

Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	CTT	CTT+100	Μετρηθείσα λευκαύγεια	εκτιμηθείσα λευκαύγεια
ΑΓΙΑ	8/5/1998	15,2879	115,2879	42	45,259519
ΑΓΙΑ	9/5/1998	-29,3305	70,6695	87	111,3794529
ΑΓΙΑ	15/5/1998	0,108121	100,1081	65	58,68518316
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	14,8243	114,8243	46	45,59631975
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	13,9025	113,9025	45	46,27759733
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	12,0299	112,0299	35	47,71089128
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-19,0375	80,9625	111	86,72605668
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/1998	-23,6768	76,3232	101	96,67271249
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	15,6541	115,6541	35	44,99618495
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	15,33	115,33	43	45,22912408
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	-2,8077	97,1923	123	61,96541647
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	4,97663	104,9766	63	53,77514143
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	-14,2373	85,7627	115	78,00507442
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	-4,43798	95,56202	108	63,92445047
ΖΑΓΟΡΑ	27/5/1998	9,36528	109,3653	51	49,87165392
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	-46,661	53,339	157	186,9086648
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	-40,3864	59,6136	134	152,3198671
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	-37,0487	62,9513	151	137,7917897
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	10/5/1998	-37,0487	62,9513	120	137,7917897
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	15/5/1998	-10,425	89,575	89	72,00592795
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	-45,7266	54,2734	153	181,0305458
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	-39,5367	60,4633	136	148,4044749
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	-46,661	53,339	177	186,9086648
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	10/5/1998	-38,6974	61,3026	128	144,6874387
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	25/5/1998	-39,6394	60,3606	137	148,8694096
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	-6,99012	93,00988	71	67,1890468
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	6,22218	106,2222	54	52,62062568

**Π2.2: Σύγκριση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας λευκαύγειας (Εξίσωση 2.3).**

<b>Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ</b>	<b>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</b>	<b>CTT</b>	<b>CTT+100</b>	<b>Μετρηθείσα λευκαύγεια</b>	<b>εκτιμηθείσα λευκαύγεια</b>
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	7,21116	107,2112	53	51,73094401
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-40,3864	59,6136	139	152,3198671
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-42,1188	57,8812	140	160,8136636
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-33,8628	66,1372	120	125,8263834
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-23,7497	76,2503	104	96,84284293
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-14,145	85,855	85	77,85084024
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	4/5/1999	-29,7763	70,2237	112	112,6839265
ΖΑΓΟΡΑ	29/5/1999	-9,02722	90,97278	74	69,9833772
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	24/5/1999	-24,4768	75,5232	100	98,56530938
ΑΓΙΑ	8/5/1998	14,3661	114,3661	36	45,93301377
ΑΓΙΑ	8/5/1998	14,3661	114,3661	27	45,93301377
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	11,557	111,557	43	48,08369497
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	11,557	111,557	36	48,08369497
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-36,2388	63,7612	131	134,5885356
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-30,0671	69,9329	90	113,5476014
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-26,4529	73,5471	98	103,4930955
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	-11,4545	88,5455	85	73,55388973
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	-12,122	87,878	83	74,58517141
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	-8,83049	91,16951	94	69,70576415
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-27,1624	72,8376	128	105,3556038
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1998	57,5528	157,5528	25	25,47580542
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-44,8056	55,1944	174	175,5113327
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-38,6974	61,3026	167	144,6874387
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	18/5/1998	-23,1975	76,8025	86	95,56554429
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	11,7402	111,7402	70	47,93874021
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	7,8806	107,8806	121	51,14182533
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-42,1187	57,8813	175	160,8131524
ΚΑΛΑΜΠΙΑΚΑ	14/5/1998	-37,8553	62,1447	154	141,1004693

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3**

**Τιμές μετρηθείσας και εκτιμηθείσας  
περιοχικής έκτασης της βροχής**

**Π3.1: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής  
(Εξίσωση 2.4).**

<b>Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ</b>	<b>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</b>	<b>CTT</b>	<b>CTT+100</b>	<b>Μετρηθείσα έκταση βροχής</b>	<b>Εκτιμηθείσα έκταση βροχής(CTT)</b>
ΑΓΙΑ	8/5/1998	15,2879	115,2879	2	2,233768649
ΑΓΙΑ	9/5/1998	-29,3305	70,6695	3	3,06006179
ΑΓΙΑ	15/5/1998	0,108121	100,1081	2,5	2,446073451
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	14,8243	114,8243	2,5	2,239564456
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	13,9025	113,9025	2	2,251203576
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	12,0299	112,0299	2,5	2,27533132
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-19,0375	80,9625	2	2,803844503
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/1998	-23,6768	76,3232	3	2,91229166
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	15,6541	115,6541	2,2	2,229217515
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	15,33	115,33	2,5	2,233244223
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	-2,8077	97,1923	2,3	2,493017105
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	4,97663	104,9766	2,5	2,372502282
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	-14,2373	85,7627	2,4	2,701886349
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	-4,43798	95,56202	2,5	2,520285942
ΖΑΓΟΡΑ	27/5/1998	9,36528	109,3653	2,2	2,310829593
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	-46,661	53,339	3,2	3,666981777
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	-40,3864	59,6136	3,1	3,413867909
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	-37,0487	62,9513	3	3,29633531
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	10/5/1998	-37,0487	62,9513	3	3,29633531
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	15/5/1998	-10,425	89,575	2,3	2,627362308
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	-45,7266	54,2734	3,5	3,626255402
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	-39,5367	60,4633	3,2	3,382936926
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	-46,661	53,339	3,5	3,666981777
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	10/5/1998	-38,6974	61,3026	3,5	3,353077799
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	25/5/1998	-39,6394	60,3606	3,3	3,386637402
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	-6,99012	93,00988	3	2,564544582
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	6,22218	106,222	2,3	2,354573791



**Π3.2: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής  
(Εξίσωση 2.4).**

<b>Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ</b>	<b>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</b>	<b>CTT</b>	<b>CTT+100</b>	<b>Μετρηθείσα έκταση βροχής</b>	<b>Εκτιμηθείσα έκταση βροχής (CTT)</b>
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	7,21116	107,2112	2,5	2,340582569
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-40,3864	59,6136	3,3	3,413867909
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-42,1188	57,8812	4	3,47923228
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-33,8628	66,1372	2	3,193321244
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-23,7497	76,2503	2	2,914081958
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-14,145	85,855	2	2,70001797
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	4/5/1999	-29,7763	70,2237	3,5	3,07254063
ΖΑΓΟΡΑ	29/5/1999	-9,02722	90,97278	2,6	2,601329363
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	24/5/1999	-24,4768	75,5232	3	2,932093484
ΑΓΙΑ	8/5/1998	14,3661	114,3661	2,5	2,245330657
ΑΓΙΑ	8/5/1998	14,3661	114,3661	2,2	2,245330657
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	11,557	111,557	2,5	2,281529549
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	11,557	111,557	2,5	2,281529549
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-36,2388	63,7612	3	3,269347118
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-30,0671	69,9329	3,5	3,080751085
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-26,4529	73,5471	3	2,982517497
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	-11,4545	88,5455	2,2	2,646967046
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	-12,122	87,878	2,5	2,659879568
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	-8,83049	91,16951	3	2,597718075
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-27,1624	72,8376	3,2	3,001168664
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1998	57,5528	157,5528	1,5	1,827286164
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-44,8056	55,1944	3,5	3,587225036
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-38,6974	61,3026	3,5	3,353077799
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	18/5/1998	-23,1975	76,8025	3	2,900590466
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	11,7402	111,7402	2,5	2,279123261
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	7,8806	107,8806	2,2	2,331231683
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-42,1187	57,8813	3,5	3,479228414
ΚΑΛΑΜΠΙΑΚΑ	14/5/1998	-37,8553	62,1447	3	3,323786604

**Π3.3: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής  
(Εξίσωση 2.5).**

<b>Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ</b>	<b>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</b>	<b>CTT</b>	<b>CTT+100</b>	<b>Μετρηθείσα έκταση βροχής</b>	<b>Εκτιμηθείσα έκταση βροχής (albedo)</b>
ΑΓΙΑ	8/5/1998	15,2879	115,2879	2	2,288642664
ΑΓΙΑ	9/5/1998	-29,3305	70,6695	3	2,664260252
ΑΓΙΑ	15/5/1998	0,108121	100,1081	2,5	2,473492717
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	14,8243	114,8243	2,5	2,319767912
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	13,9025	113,9025	2	2,311947139
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	12,0299	112,0299	2,5	2,235175004
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-19,0375	80,9625	2	2,889188841
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/1998	-23,6768	76,3232	3	2,793248414
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	15,6541	115,6541	2,2	2,235175004
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	15,33	115,33	2,5	2,296384604
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	-2,8077	97,1923	2,3	3,00867703
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	4,97663	104,9766	2,5	2,456842762
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	-14,2373	85,7627	2,4	2,92848144
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	-4,43798	95,56202	2,5	2,860065757
ΖΑΓΟΡΑ	27/5/1998	9,36528	109,3653	2,2	2,35927041
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	-46,661	53,339	3,2	3,374747012
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	-40,3864	59,6136	3,1	3,12254406
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	-37,0487	62,9513	3	3,30705487
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	10/5/1998	-37,0487	62,9513	3	2,978349503
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	15/5/1998	-10,425	89,575	2,3	2,68231587
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	-45,7266	54,2734	3,5	3,32946669
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	-39,5367	60,4633	3,2	3,143705455
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	-46,661	53,339	3,5	3,610554937
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	10/5/1998	-38,6974	61,3026	3,5	3,059910714
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	25/5/1998	-39,6394	60,3606	3,3	3,154339871
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	-6,99012	93,00988	3	2,524122667
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	6,22218	106,2222	2,3	2,383294064

**Π3.4: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής  
(Εξίσωση 2.5).**

<b>Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ</b>	<b>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</b>	<b>CTT</b>	<b>CTT+100</b>	<b>Μετρηθείσα έκταση βροχής</b>	<b>Εκτιμηθείσα έκταση βροχής (albedo)</b>
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	7,21116	107,2112	2,5	2,375259121
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-40,3864	59,6136	3,3	3,175716746
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-42,1188	57,8812	4	3,186459448
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-33,8628	66,1372	2	2,978349503
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-23,7497	76,2503	2	2,821691118
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-14,145	85,855	2	2,646326172
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	4/5/1999	-29,7763	70,2237	3,5	2,898962287
ΖΑΓΟΡΑ	29/5/1999	-9,02722	90,97278	2,6	2,549824955
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	24/5/1999	-24,4768	75,5232	3	2,783831367
ΑΓΙΑ	8/5/1998	14,3661	114,3661	2,5	2,242736075
ΑΓΙΑ	8/5/1998	14,3661	114,3661	2,2	2,175596932
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	11,557	111,557	2,5	2,296384604
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	11,557	111,557	2,5	2,242736075
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-36,2388	63,7612	3	3,091068751
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-30,0671	69,9329	3,5	2,691389514
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-26,4529	73,5471	3	2,765092412
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	-11,4545	88,5455	2,2	2,646326172
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	-12,122	87,878	2,5	2,628512813
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	-8,83049	91,16951	3	2,727992068
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-27,1624	72,8376	3,2	3,059910714
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1998	57,5528	157,5528	1,5	2,160952218
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-44,8056	55,1944	3,5	3,574160468
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-38,6974	61,3026	3,5	3,490660322
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	18/5/1998	-23,1975	76,8025	3	2,655278071
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	11,7402	111,7402	2,5	2,51561294
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	7,8806	107,8806	2,2	2,988424559
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-42,1187	57,8813	3,5	3,586251012
ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ	14/5/1998	-37,8553	62,1447	3	3,340729492
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	7,21116	107,2112	2,5	2,375259121
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-40,3864	59,6136	3,3	3,175716746
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-42,1188	57,8812	4	3,186459448
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-33,8628	66,1372	2	2,978349503

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4**

### **Τιμές κορυφής της ηχώ RADAR**

**Π4.1: Υπολογισμός της κορυφής της ηχώ του RADAR (Εξισώσεις 2.8 και 2.9).**

Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	CTT	CTT+100	AREA	ETOP <sub>area</sub>	ETOP <sub>ctt</sub>
ΑΓΙΑ	8/5/1998	15,2879	115,2879	2,233768649	3,652394	1,763778
ΑΓΙΑ	9/5/1998	-29,3305	70,6695	3,06006179	3,8341	2,946164
ΑΓΙΑ	15/5/1998	0,108121	100,1081	2,446073451	3,703908	2,104859
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	14,8243	114,8243	2,239564456	3,653854	1,773512
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	13,9025	113,9025	2,251203576	3,656777	1,792985
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	12,0299	112,0299	2,27533132	3,662796	1,833034
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-19,0375	80,9625	2,803844503	3,78273	2,617669
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/1998	-23,6768	76,3232	2,91229166	3,804939	2,760229
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	15,6541	115,6541	2,229217515	3,651245	1,756116
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	15,33	115,33	2,233244223	3,652262	1,762896
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	-2,8077	97,1923	2,493017105	3,714786	2,176271
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	4,97663	104,9766	2,372502282	3,686501	1,990135
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	-14,2373	85,7627	2,701886349	3,761177	2,478518
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	-4,43798	95,56202	2,520285942	3,721025	2,217138
ΖΑΓΟΡΑ	27/5/1998	9,36528	109,3653	2,310829593	3,671553	1,89119
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	-46,661	53,339	3,666981777	3,942619	3,625868
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	-40,3864	59,6136	3,413867909	3,89936	3,357182
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	-37,0487	62,9513	3,29633531	3,878343	3,225569
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	10/5/1998	-37,0487	62,9513	3,29633531	3,878343	3,225569
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	15/5/1998	-10,425	89,575	2,627362308	3,744984	2,373445
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	-45,7266	54,2734	3,626255402	3,935833	3,583913
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	-39,5367	60,4633	3,382936926	3,893889	3,32299
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	-46,661	53,339	3,666981777	3,942619	3,625868
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	10/5/1998	-38,6974	61,3026	3,353077799	3,888567	3,289685
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	25/5/1998	-39,6394	60,3606	3,386637402	3,894545	3,327097
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	-6,99012	93,00988	2,564544582	3,731031	2,282536
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	6,22218	106,2222	2,354573791	3,68219	1,961639
ΑΓΙΑ	8/5/1998	15,2879	115,2879	2,233768649	3,652394	1,763778
ΑΓΙΑ	9/5/1998	-29,3305	70,6695	3,06006179	3,8341	2,946164

**Π4.2: Υπολογισμός της κορυφής της ηχώ του RADAR (Εξισώσεις 2.8 και 2.9).**

Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	CTT	CTT+100	AREA	ETOP <sub>area</sub>	ETOP <sub>ctt</sub>
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	7,21116	107,2112	2,340582569	3,678806	1,93925
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-40,3864	59,6136	3,413867909	3,89936	3,357182
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-42,1188	57,8812	3,47923228	3,910784	3,428429
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-33,8628	66,1372	3,193321244	3,859394	3,106296
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-23,7497	76,2503	2,914081958	3,805299	2,762538
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-14,145	85,855	2,70001797	3,760776	2,475919
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	4/5/1999	-29,7763	70,2237	3,07254063	3,836508	2,961452
ΖΑΓΟΡΑ	29/5/1999	-9,02722	90,97278	2,601329363	3,739236	2,336037
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	24/5/1999	-24,4768	75,5232	2,932093484	3,808918	2,785686
ΑΓΙΑ	8/5/1998	14,3661	114,3661	2,245330657	3,655304	1,783172
ΑΓΙΑ	8/5/1998	14,3661	114,3661	2,245330657	3,655304	1,783172
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	11,557	111,557	2,281529549	3,664333	1,843253
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	11,557	111,557	2,281529549	3,664333	1,843253
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-36,2388	63,7612	3,269347118	3,873428	3,194686
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-30,0671	69,9329	3,080751085	3,838088	2,971477
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-26,4529	73,5471	2,982517497	3,81895	2,849741
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	-11,4545	88,5455	2,646967046	3,749282	2,401372
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	-12,122	87,878	2,659879568	3,752097	2,419654
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	-8,83049	91,16951	2,597718075	3,738435	2,330818
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-27,1624	72,8376	3,001168664	3,822624	2,87316
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1998	57,5528	157,5528	1,827286164	3,540964	1,009224
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-44,8056	55,1944	3,587225036	3,929268	3,54326
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-38,6974	61,3026	3,353077799	3,888567	3,289685
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	18/5/1998	-23,1975	76,8025	2,900590466	3,802576	2,745105
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	11,7402	111,7402	2,279123261	3,663737	1,839289
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	7,8806	107,8806	2,331231683	3,676535	1,924212
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-42,1187	57,8813	3,479228414	3,910784	3,428425
ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ	14/5/1998	7,21116	107,2112	3,323786604	3,883308	3,256724

**Π4.3: Υπολογισμός της κορυφής της ηχώ του RADAR (Εξισώσεις 2.8 και 2.9).**

Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	CTT	CTT+100	AREA <sub>albedo</sub>	ETOP <sub>areaalbedo</sub>	ETOP <sub>ctt</sub>
ΑΓΙΑ	8/5/1998	15,2879	115,2879	2,288642664	3,666093	1,763778
ΑΓΙΑ	9/5/1998	-29,3305	70,6695	2,664260252	3,75305	2,946164
ΑΓΙΑ	15/5/1998	0,108121	100,1081	2,473492717	3,710283	2,104859
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	14,8243	114,8243	2,319767912	3,67374	1,773512
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	13,9025	113,9025	2,311947139	3,671827	1,792985
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	12,0299	112,0299	2,235175004	3,652749	1,833034
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-19,0375	80,9625	2,889188841	3,800267	2,617669
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/1998	-23,6768	76,3232	2,793248414	3,780521	2,760229
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	15,6541	115,6541	2,235175004	3,652749	1,756116
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	15,33	115,33	2,296384604	3,668003	1,762896
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	-2,8077	97,1923	3,00867703	3,824098	2,176271
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	4,97663	104,9766	2,456842762	3,706419	1,990135
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	-14,2373	85,7627	2,92848144	3,808194	2,478518
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	-4,43798	95,56202	2,860065757	3,794332	2,217138
ΖΑΓΟΡΑ	27/5/1998	9,36528	109,3653	2,35927041	3,683322	1,89119
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	-46,661	53,339	3,374747012	3,892433	3,625868
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	-40,3864	59,6136	3,12254406	3,846074	3,357182
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	-37,0487	62,9513	3,30705487	3,880286	3,225569
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	10/5/1998	-37,0487	62,9513	2,978349503	3,818126	3,225569
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	15/5/1998	-10,425	89,575	2,68231587	3,756962	2,373445
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	-45,7266	54,2734	3,32946669	3,884331	3,583913
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	-39,5367	60,4633	3,143705455	3,850083	3,32299
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	-46,661	53,339	3,610554937	3,933199	3,625868
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	10/5/1998	-38,6974	61,3026	3,059910714	3,834071	3,289685
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	25/5/1998	-39,6394	60,3606	3,154339871	3,852089	3,327097
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	-6,99012	93,00988	2,524122667	3,721898	2,282536
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	6,22218	106,2222	2,383294064	3,689083	1,961639
ΑΓΙΑ	8/5/1998	15,2879	115,2879	2,288642664	3,666093	1,763778
ΑΓΙΑ	9/5/1998	-29,3305	70,6695	2,664260252	3,75305	2,946164

**Π4.4: Υπολογισμός της κορυφής της ηχώ του RADAR (Εξισώσεις 2.8 και 2.9).**

Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	CTT	CTT+100	AREA <sub>albedo</sub>	ETOP <sub>areaalbedo</sub>	ETOP <sub>ctt</sub>
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	7,21116	107,2112	2,375259121	3,687161	1,93925
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-40,3864	59,6136	3,175716746	3,856105	3,357182
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-42,1188	57,8812	3,186459448	3,858114	3,428429
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-33,8628	66,1372	2,978349503	3,818126	3,106296
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-23,7497	76,2503	2,821691118	3,786434	2,762538
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-14,145	85,855	2,646326172	3,749141	2,475919
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	4/5/1999	-29,7763	70,2237	2,898962287	3,802247	2,961452
ΖΑΓΟΡΑ	29/5/1999	-9,02722	90,97278	2,549824955	3,727719	2,336037
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	24/5/1999	-24,4768	75,5232	2,783831367	3,778552	2,785686
ΑΓΙΑ	8/5/1998	14,3661	114,3661	2,242736075	3,654652	1,783172
ΑΓΙΑ	8/5/1998	14,3661	114,3661	2,175596932	3,637558	1,783172
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	11,557	111,557	2,296384604	3,668003	1,843253
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	11,557	111,557	2,242736075	3,654652	1,843253
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-36,2388	63,7612	3,091068751	3,840068	3,194686
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-30,0671	69,9329	2,691389514	3,75892	2,971477
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-26,4529	73,5471	2,765092412	3,774618	2,849741
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	-11,4545	88,5455	2,646326172	3,749141	2,401372
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	-12,122	87,878	2,628512813	3,745237	2,419654
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	-8,83049	91,16951	2,727992068	3,76676	2,330818
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-27,1624	72,8376	3,059910714	3,834071	2,87316
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1998	57,5528	157,5528	2,160952218	3,63377	1,009224
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-44,8056	55,1944	3,574160468	3,927057	3,54326
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-38,6974	61,3026	3,490660322	3,912763	3,289685
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	18/5/1998	-23,1975	76,8025	2,655278071	3,751095	2,745105
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	11,7402	111,7402	2,51561294	3,71996	1,839289
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	7,8806	107,8806	2,988424559	3,820115	1,924212
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-42,1187	57,8813	3,586251012	3,929104	3,428425
ΚΑΛΑΜΠΙΑΚΑ	14/5/1998	7,21116	107,2112	3,340729492	3,886355	3,256724



## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5**

### **Τιμές μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR**

**Π5.1: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR (Είσοση 2.6).**

<b>Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ</b>	<b>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</b>	<b>AREA</b>	<b>MXRFL<sub>area</sub></b>
ΑΓΙΑ	8/5/1998	2,233768649	16,692481
ΑΓΙΑ	9/5/1998	3,06006179	16,685282
ΑΓΙΑ	15/5/1998	2,446073451	16,693685
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	2,239564456	16,684399
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	2,251203576	16,685392
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	2,27533132	16,661071
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	2,803844503	16,654859
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/1998	2,91229166	16,654445
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	2,229217515	16,686197
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	2,233244223	16,688131
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	2,493017105	16,679672
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	2,372502282	16,671411
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	2,701886349	16,665078
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	2,520285942	16,676099
ΖΑΓΟΡΑ	27/5/1998	2,310829593	16,662159
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	3,666981777	16,671944
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	3,413867909	16,651627
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	3,29633531	16,651627
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	10/5/1998	3,29633531	16,652698
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	15/5/1998	2,627362308	16,652698
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	3,626255402	16,681922
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	3,382936926	16,676342
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	3,666981777	16,673436
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	10/5/1998	3,353077799	16,663509
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	25/5/1998	3,386637402	16,663891
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	2,564544582	16,662052
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	2,354573791	16,673988

**Π5.2: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR (Είσοση 2.6).**

<b>Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ</b>	<b>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</b>	<b>AREA</b>	<b>MXRFL<sub>area</sub></b>
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	2,340582569	16,654445
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	3,413867909	16,686197
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	3,47923228	16,688131
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	3,193321244	16,679672
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	2,914081958	16,671411
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	2,70001797	16,665078
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	4/5/1999	3,07254063	16,676099
ΖΑΓΟΡΑ	29/5/1999	2,601329363	16,662159
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	24/5/1999	2,932093484	16,671944
ΑΓΙΑ	8/5/1998	2,245330657	16,651627
ΑΓΙΑ	8/5/1998	2,245330657	16,651627
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	2,281529549	16,652698
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	2,281529549	16,652698
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	3,269347118	16,681922
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	3,080751085	16,676342
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	2,982517497	16,673436
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	2,646967046	16,663509
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	2,659879568	16,663891
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	2,597718075	16,662052
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	3,001168664	16,673988
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1998	1,827286164	16,639259
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	3,587225036	16,691326
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	3,353077799	16,684399
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	18/5/1998	2,900590466	16,671012
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	2,279123261	16,652626
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	2,331231683	16,654168
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	3,479228414	16,688131
ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ	14/5/1998	3,323786604	16,683532

**Π5.3: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR (Είσοση 2.7).**

<b>Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ</b>	<b>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</b>	<b>CTT</b>	<b>MXRFL<sub>ctt</sub></b>
ΑΓΙΑ	8/5/1998	115,2879	14,31349
ΑΓΙΑ	9/5/1998	70,6695	14,86896
ΑΓΙΑ	15/5/1998	100,1081	14,44689
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	114,8243	14,31704
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	113,9025	14,32419
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	112,0299	14,33907
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	80,9625	14,68649
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/1998	76,3232	14,76264
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	115,6541	14,3107
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	115,33	14,31317
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	97,1923	14,47729
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	104,9766	14,39991
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	85,7627	14,61637
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	95,56202	14,49509
ΖΑΓΟΡΑ	27/5/1998	109,3653	14,36113
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	53,339	15,33529
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	59,6136	15,13514
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	62,9513	15,04493
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	10/5/1998	62,9513	15,04493
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	15/5/1998	89,575	14,56604
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	54,2734	15,30255
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	60,4633	15,11123
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	53,339	15,33529
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	10/5/1998	61,3026	15,08826
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	25/5/1998	60,3606	15,11408
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	93,00988	14,52422
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	106,2222	14,38858

**Π5.4: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR (Είσοση 2.7).**

<b>Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ</b>	<b>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</b>	<b>CTT</b>	<b>MXRFL<sub>ctt</sub></b>
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	107,2112	14,37977
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	59,6136	15,13514
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	57,8812	15,18607
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	66,1372	14,96731
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	76,2503	14,76391
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	85,855	14,6151
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	4/5/1999	70,2237	14,87807
ΖΑΓΟΡΑ	29/5/1999	90,97278	14,54864
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	24/5/1999	75,5232	14,77672
ΑΓΙΑ	8/5/1998	114,3661	14,32058
ΑΓΙΑ	8/5/1998	114,3661	14,32058
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	111,557	14,34291
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	111,557	14,34291
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	63,7612	15,02446
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	69,9329	14,88408
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	73,5471	14,8128
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	88,5455	14,5792
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	87,878	14,5879
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	91,16951	14,54623
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	72,8376	14,82624
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1998	157,5528	14,07748
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	55,1944	15,27137
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	61,3026	15,08826
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	18/5/1998	76,8025	14,75435
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	111,7402	14,34142
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	107,8806	14,3739
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	57,8813	15,18606
ΚΑΛΑΜΠΙΑΚΑ	14/5/1998	62,1447	15,06584

**Π5.5: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR (Είσοψη 2.10).**

Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	CTT	CTT+100	AREA	MXRFL <sub>etoparea</sub>	MXRFL <sub>etopctt</sub>
ΑΓΙΑ	8/5/1998	15,2879	115,2879	2,233768649	20,44128393	15,17460351
ΑΓΙΑ	9/5/1998	-29,3305	70,6695	3,06006179	20,86549111	18,68270448
ΑΓΙΑ	15/5/1998	0,108121	100,1081	2,446073451	20,56259919	16,28331125
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	14,8243	114,8243	2,239564456	20,44473452	15,20766283
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	13,9025	113,9025	2,251203576	20,45163916	15,27352366
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	12,0299	112,0299	2,27533132	20,46584808	15,4078597
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-19,0375	80,9625	2,803844503	20,74660139	17,79279369
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/1998	-23,6768	76,3232	2,91229166	20,79809868	18,18547985
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	15,6541	115,6541	2,229217515	20,43856857	15,14851941
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	15,33	115,33	2,233244223	20,4409713	15,17160344
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	-2,8077	97,1923	2,493017105	20,5881068	16,50376876
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	4,97663	104,9766	2,372502282	20,52169953	15,92116438
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	-14,2373	85,7627	2,701886349	20,69648066	17,39904378
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	-4,43798	95,56202	2,520285942	20,60272098	16,6283053
ΖΑΓΟΡΑ	27/5/1998	9,36528	109,3653	2,310829593	20,48650238	15,60034961
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	-46,661	53,339	3,666981777	21,11405246	20,37848221
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	-40,3864	59,6136	3,413867909	21,01538158	19,72892187
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	-37,0487	62,9513	3,29633531	20,96724721	19,40125609
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	10/5/1998	-37,0487	62,9513	3,29633531	20,96724721	19,40125609
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	15/5/1998	-10,425	89,575	2,627362308	20,65872948	17,09434448
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	-45,7266	54,2734	3,626255402	21,09860904	20,27867849
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	-39,5367	60,4633	3,382936926	21,00286417	19,64442405
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	-46,661	53,339	3,666981777	21,11405246	20,37848221
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	10/5/1998	-38,6974	61,3026	3,353077799	20,99067993	19,56169925
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	25/5/1998	-39,6394	60,3606	3,386637402	21,00436726	19,65459657
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	-6,99012	93,00988	2,564544582	20,62613272	16,82522967
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	6,22218	106,2222	2,354573791	20,51155547	15,82960433

**Π5.6: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR (Είσοση 2.10).**

Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	CTT	CTT+100	AREA	MXRFL <sub>etoparea</sub>	MXRFL <sub>etopctt</sub>
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	7,21116	107,2112	2,340582569	20,50358951	15,75719861
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-40,3864	59,6136	3,413867909	21,01538158	19,72892187
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-42,1188	57,8812	3,47923228	21,0414931	19,90362353
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-33,8628	66,1372	3,193321244	20,92373802	19,09848756
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-23,7497	76,2503	2,914081958	20,79893388	18,19175458
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-14,145	85,855	2,70001797	20,69554602	17,39158673
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	4/5/1999	-29,7763	70,2237	3,07254063	20,87104386	18,72288081
ΖΑΓΟΡΑ	29/5/1999	-9,02722	90,97278	2,601329363	20,64530893	16,9842421
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	24/5/1999	-24,4768	75,5232	2,932093484	20,80731025	18,25452427
ΑΓΙΑ	8/5/1998	14,3661	114,3661	2,245330657	20,44815932	15,24037893
ΑΓΙΑ	8/5/1998	14,3661	114,3661	2,245330657	20,44815932	15,24037893
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	11,557	111,557	2,281529549	20,46947579	15,44190396
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	11,557	111,557	2,281529549	20,46947579	15,44190396
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-36,2388	63,7612	3,269347118	20,95597108	19,3234045
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-30,0671	69,9329	3,080751085	20,87468595	18,74916965
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-26,4529	73,5471	2,982517497	20,83051016	18,42687431
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	-11,4545	88,5455	2,646967046	20,66875539	17,17597739
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	-12,122	87,878	2,659879568	20,67532151	17,2291579
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	-8,83049	91,16951	2,597718075	20,64343745	16,96881188
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-27,1624	72,8376	3,001168664	20,83899988	18,48940273
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1998	57,5528	157,5528	1,827286164	20,17590463	12,25269564
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-44,8056	55,1944	3,587225036	21,08365779	20,18141471
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-38,6974	61,3026	3,353077799	20,99067993	19,56169925
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	18/5/1998	-23,1975	76,8025	2,900590466	20,79262822	18,14430862
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	11,7402	111,7402	2,279123261	20,46806851	15,42870945
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	7,8806	107,8806	2,331231683	20,498241	15,70833041
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-42,1187	57,8813	3,479228414	21,04149157	19,90361335
ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ	14/5/1998	-37,8553	62,1447	3,323786604	20,97862976	19,47941568

**Π5.7: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR (Είσοση 2.6).**

<b>Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ</b>	<b>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</b>	<b>AREA<sub>albedo</sub></b>	<b>MXRFL<sub>areaalbedo</sub></b>
ΑΓΙΑ	8/5/1998	2,288642664	16,65290812
ΑΓΙΑ	9/5/1998	2,664260252	16,66402054
ΑΓΙΑ	15/5/1998	2,473492717	16,6583768
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	2,319767912	16,65382894
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	2,311947139	16,65359757
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	2,235175004	16,65132631
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	2,889188841	16,67067492
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/1998	2,793248414	16,66783658
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	2,235175004	16,65132631
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	2,296384604	16,65313716
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	3,00867703	16,6742099
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	2,456842762	16,65788422
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	2,92848144	16,67183737
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	2,860065757	16,66981333
ΖΑΓΟΡΑ	27/5/1998	2,35927041	16,6549976
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	3,374747012	16,68503987
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	3,12254406	16,67757859
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	3,30705487	16,68303723
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	10/5/1998	2,978349503	16,67331268
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	15/5/1998	2,68231587	16,66455471
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	3,32946669	16,68370027
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	3,143705455	16,67820464
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	3,610554937	16,6920161
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	10/5/1998	3,059910714	16,67572562
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	25/5/1998	3,154339871	16,67851925
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	2,524122667	16,65987465
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	2,383294064	16,65570832



**Π5.8: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR (Είσοψη 2.6).**

<b>Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ</b>	<b>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</b>	<b>AREA<sub>albedo</sub></b>	<b>MXRFL<sub>areaalbedo</sub></b>
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	2,375259121	16,65547062
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	3,175716746	16,67915167
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	3,186459448	16,67946949
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	2,978349503	16,67331268
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	2,821691118	16,66867804
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	2,646326172	16,66348997
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	4/5/1999	2,898962287	16,67096406
ΖΑΓΟΡΑ	29/5/1999	2,549824955	16,66063504
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	24/5/1999	2,783831367	16,66755798
ΑΓΙΑ	8/5/1998	2,242736075	16,65155
ΑΓΙΑ	8/5/1998	2,175596932	16,64956373
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	2,296384604	16,65313716
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	2,242736075	16,65155
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	3,091068751	16,67664741
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	2,691389514	16,66482314
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	2,765092412	16,6670036
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	2,646326172	16,66348997
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	2,628512813	16,66296297
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	2,727992068	16,66590601
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	3,059910714	16,67572562
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1998	2,160952218	16,64913047
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	3,574160468	16,69093939
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	3,490660322	16,68846909
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	18/5/1998	2,655278071	16,66375481
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	2,51561294	16,6596229
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	2,988424559	16,67361075
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	3,586251012	16,69129708
ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ	14/5/1998	3,340729492	16,68403348

**Π5.9: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR (Είσωση 2.10).**

Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	CTT	CTT+100	AREA <sub>albedo</sub>	MXRFL <sub>etopalbedo</sub>
ΑΓΙΑ	8/5/1998	15,2879	115,2879	2,288642664	20,47362777
ΑΓΙΑ	9/5/1998	-29,3305	70,6695	2,664260252	20,67754245
ΑΓΙΑ	15/5/1998	0,108121	100,1081	2,473492717	20,5775522
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	14,8243	114,8243	2,319767912	20,49165689
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	13,9025	113,9025	2,311947139	20,48714785
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	12,0299	112,0299	2,235175004	20,44212197
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-19,0375	80,9625	2,889188841	20,78727818
ΖΑΓΟΡΑ	10/5/1998	-23,6768	76,3232	2,793248414	20,74147158
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	15,6541	115,6541	2,235175004	20,44212197
ΖΑΓΟΡΑ	14/5/1998	15,33	115,33	2,296384604	20,47813329
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	-2,8077	97,1923	3,00867703	20,84240383
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	4,97663	104,9766	2,456842762	20,56849056
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	-14,2373	85,7627	2,92848144	20,80563426
ΖΑΓΟΡΑ	18/5/1998	-4,43798	95,56202	2,860065757	20,77352367
ΖΑΓΟΡΑ	27/5/1998	9,36528	109,3653	2,35927041	20,51421972
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	-46,661	53,339	3,374747012	20,99953213
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	-40,3864	59,6136	3,12254406	20,89308726
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	9/5/1998	-37,0487	62,9513	3,30705487	20,97170239
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	10/5/1998	-37,0487	62,9513	2,978349503	20,82860626
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	15/5/1998	-10,425	89,575	2,68231587	20,68666091
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	-45,7266	54,2734	3,32946669	20,98097414
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	-39,5367	60,4633	3,143705455	20,90231805
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	9/5/1998	-46,661	53,339	3,610554937	21,09261265
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	10/5/1998	-38,6974	61,3026	3,059910714	20,86542376
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	25/5/1998	-39,6394	60,3606	3,154339871	20,90693524
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	-6,99012	93,00988	2,524122667	20,60476547
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	6,22218	106,2222	2,383294064	20,52777153
ΑΓΙΑ	8/5/1998	15,2879	115,2879	2,288642664	20,47362777
ΑΓΙΑ	9/5/1998	-29,3305	70,6695	2,664260252	20,67754245

**Π5.10: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR (Είσοση 2.10).**

Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	CTT	CTT+100	AREA <sub>albedo</sub>	MXRFL <sub>etopalbedo</sub>
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	8/5/1998	7,21116	107,2112	2,375259121	20,52325309
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-40,3864	59,6136	3,175716746	20,91617324
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-42,1188	57,8812	3,186459448	20,92079404
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-33,8628	66,1372	2,978349503	20,82860626
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-23,7497	76,2503	2,821691118	20,75520103
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-14,145	85,855	2,646326172	20,66842873
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	4/5/1999	-29,7763	70,2237	2,898962287	20,79186541
ΖΑΓΟΡΑ	29/5/1999	-9,02722	90,97278	2,549824955	20,61838806
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	24/5/1999	-24,4768	75,5232	2,783831367	20,73689748
ΑΓΙΑ	8/5/1998	14,3661	114,3661	2,242736075	20,44661929
ΑΓΙΑ	8/5/1998	14,3661	114,3661	2,175596932	20,40618562
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	11,557	111,557	2,296384604	20,47813329
ΖΑΓΟΡΑ	8/5/1998	11,557	111,557	2,242736075	20,44661929
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-36,2388	63,7612	3,091068751	20,87925011
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-30,0671	69,9329	2,691389514	20,69122193
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	9/5/1998	-26,4529	73,5471	2,765092412	20,72775285
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	-11,4545	88,5455	2,646326172	20,66842873
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	-12,122	87,878	2,628512813	20,65931976
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	-8,83049	91,16951	2,727992068	20,70947787
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-27,1624	72,8376	3,059910714	20,86542376
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1998	57,5528	157,5528	2,160952218	20,39721323
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-44,8056	55,1944	3,574160468	21,07861964
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-38,6974	61,3026	3,490660322	21,04601178
ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ	18/5/1998	-23,1975	76,8025	2,655278071	20,67298499
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	11,7402	111,7402	2,51561294	20,60022697
ΖΑΓΟΡΑ	6/5/1999	7,8806	107,8806	2,988424559	20,83320425
ΖΑΓΟΡΑ	9/5/1998	-42,1187	57,8813	3,586251012	21,08328276
ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ	14/5/1998	-37,8553	62,1447	3,340729492	20,98561182

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6**

### **Πίνακες συντελεστών $a,b$ του METEOSAT**

**Π5.1: Τιμές των συντελεστών a,b για το έτος 1998.**

	Ημέρα του έτους	Ημέρα του μήνα	slot	Συντελεστής	Space count
<b>MET-5</b>	118	28-Apr	40	0.074604	5.0
	122	02-May	16	0.074971	5.0
	123	03-May	40	0.074770	5.0
	124	04-May	40	0.074416	5.0
	125	05-May	16	0.074644	5.0
	125	05-May	40	0.074409	5.0
	126	06-May	16	0.074886	5.0
	126	06-May	40	0.074672	5.0
	131	11-May	16	0.075031	5.0
	131	11-May	40	0.074794	5.0
	132	12-May	16	0.075065	5.0
	132	12-May	40	0.074694	5.0
	136	16-May	16	0.074370	5.0
	142	22-May	40	0.074046	5.0
	143	23-May	16	0.074449	5.0
	143	23-May	40	0.074189	5.0
	144	24-May	16	0.074755	5.0
	144	24-May	40	0.074246	5.0
	145	25-May	16	0.074494	5.0
	146	26-May	16	0.074774	5.0
	146	26-May	40	0.074357	5.0
	147	27-May	16	0.074880	5.0
	147	27-May	40	0.074540	5.0
	150	30-May	40	0.074317	5.0

**Π5.2: Τιμές των συντελεστών a,b για το έτος 1999.**

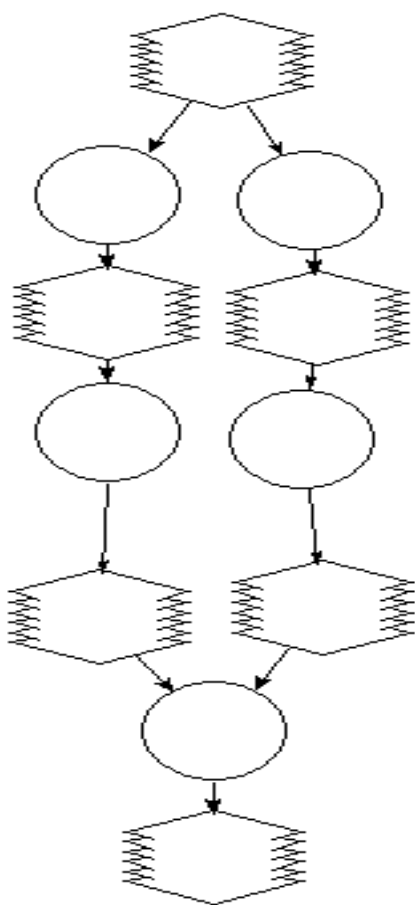
	Ημέρα του έτους	Ημέρα του μήνα	slot	Συντελεστής	Space count
<b>MET-7</b>	120	30-Apr	16	0.106442	5.0
	125	05-May	16	0.106178	5.0
	134	14-May	40	0.106410	5.0
	137	17-May	16	0.106105	5.0
	140	20-May	16	0.105817	5.0
	145	25-May	16	0.106105	5.0
	149	29-May	16	0.105803	5.0
	151	31-May	40	0.106059	5.0

**Π5.3: Τιμές των συντελεστών a,b για το έτος 2000.**

	Ημέρα του έτους	Ημέρα του μήνα	slot	Συντελεστής	Space count
<b>MET-7</b>	121	30-Apr	16	0.105632	5.0
	124	03-May	40	0.105838	5.0
	125	04-May	16	0.105570	5.0
	126	05-May	40	0.105905	5.0
	130	09-May	16	0.105631	5.0
	131	10-May	16	0.105428	5.0
	136	15-May	16	0.105192	5.0
	139	18-May	40	0.105413	5.0
	141	20-May	40	0.105711	5.0
	142	21-May	40	0.105971	5.0
	143	22-May	16	0.105579	5.0
	143	22-May	40	0.105888	5.0
	144	23-May	16	0.105511	5.0
	145	24-May	16	0.105261	5.0
	146	25-May	40	0.105537	5.0
	147	26-May	16	0.105331	5.0
	148	27-May	16	0.105088	5.0
	150	29-May	16	0.104867	5.0
	150	29-May	25	0.104084	5.0
	151	30-May	25	0.103929	5.0
	152	31-May	25	0.103913	5.0

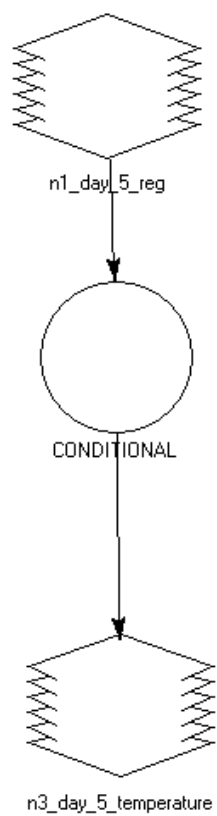
## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 7**

### **ΜΟΝΤΕΛΑ**



Μοντέλο για τον υπολογισμό θερμοκρασίας μιας ημέρας με δύο σταθερές



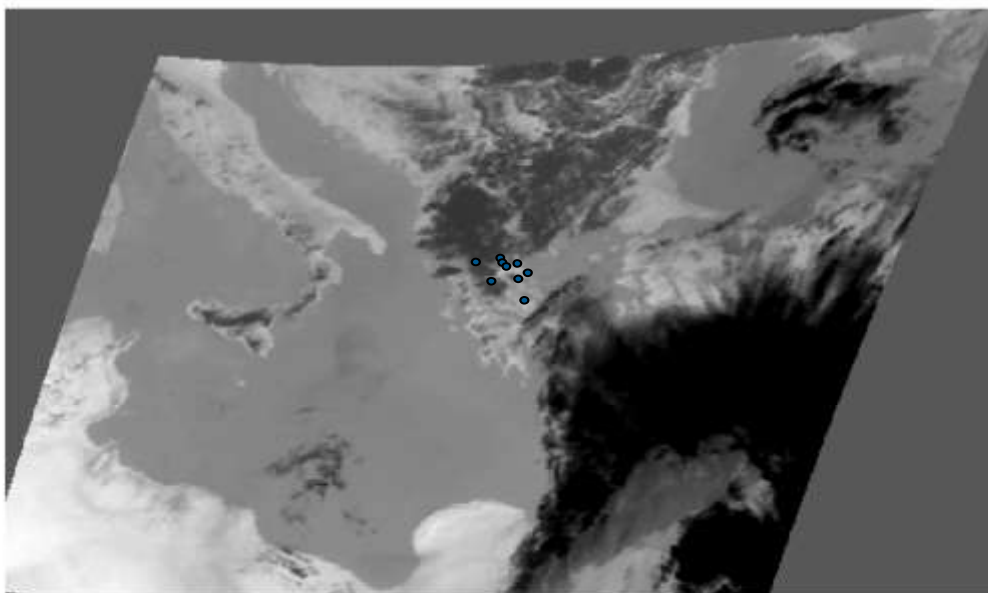


Μοντέλο για τον υπολογισμό θερμοκρασίας μιας ημέρας με μία σταθερά

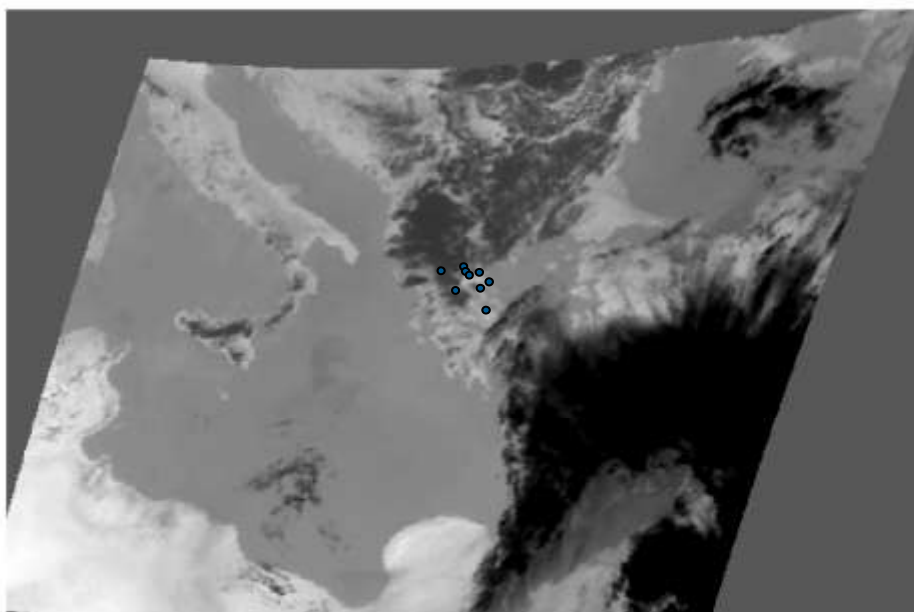
## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 8**

**Δορυφορικές εικόνες με τις ημέρες που  
παρουσίασαν βροχοπτώσεις**

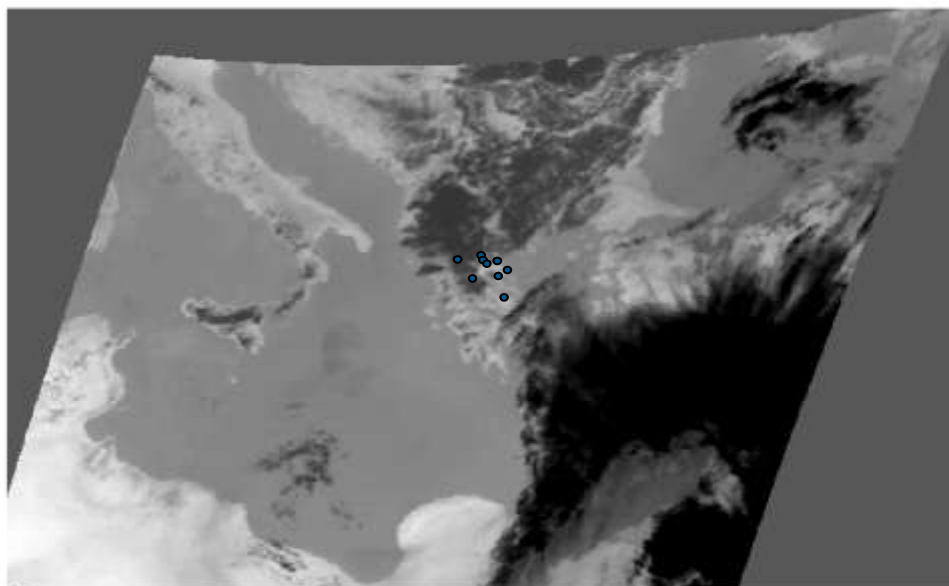
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στους σταθμούς της Ζαγοράς, Αγιάς στις 8/5/1998  
στις 11:00π.μ



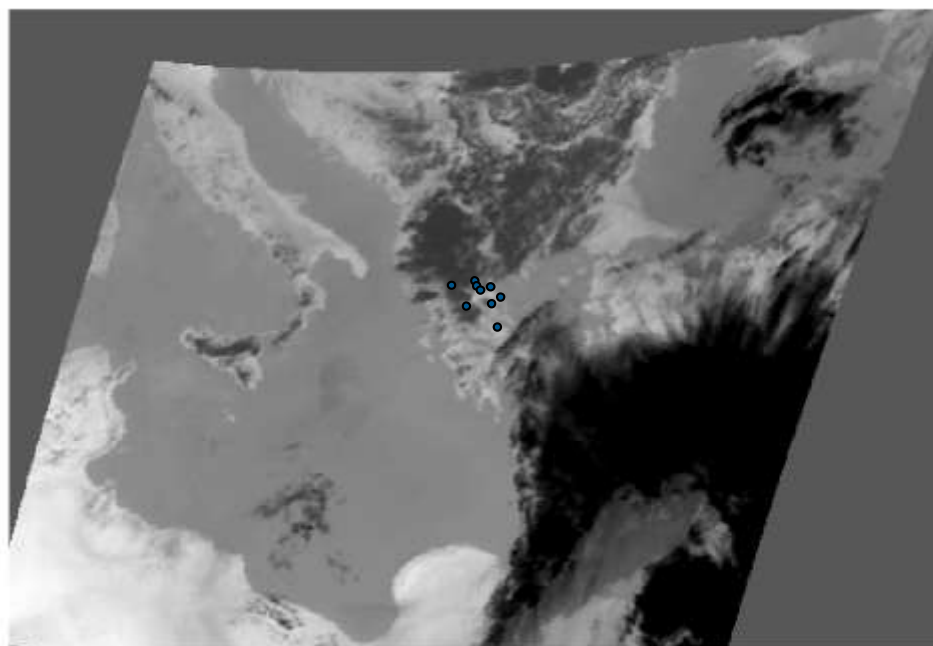
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στον σταθμό της Ζαγοράς στις 8/5/1998 στις 12:00π.μ



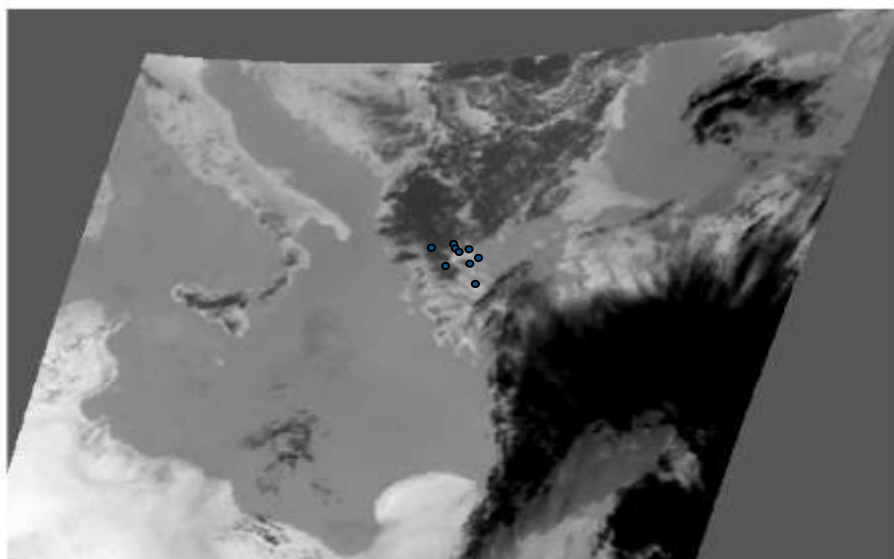
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στους σταθμούς της Ζαγοράς, Αγιάς και Καρδίτσας στις  
8/5/1998 στις 13:00μ.μ



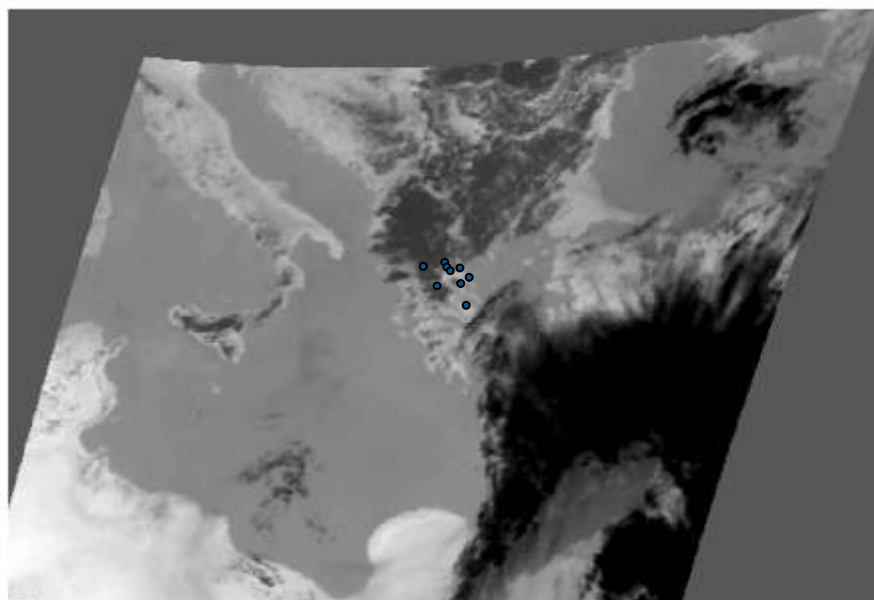
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στους σταθμούς της Ζαγοράς, Αγιάς και Καρδίτσας στις  
8/5/1998 στις 14:00μ.μ



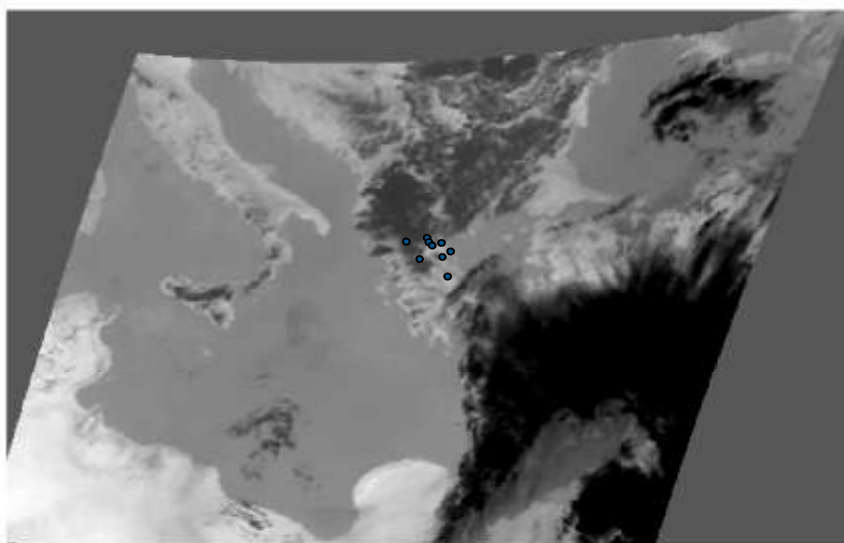
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στους σταθμούς της Καρδίτσας, Τύρναβου, Τσαριτσάνης  
στις 9/5/1998 στις 7:00π.μ



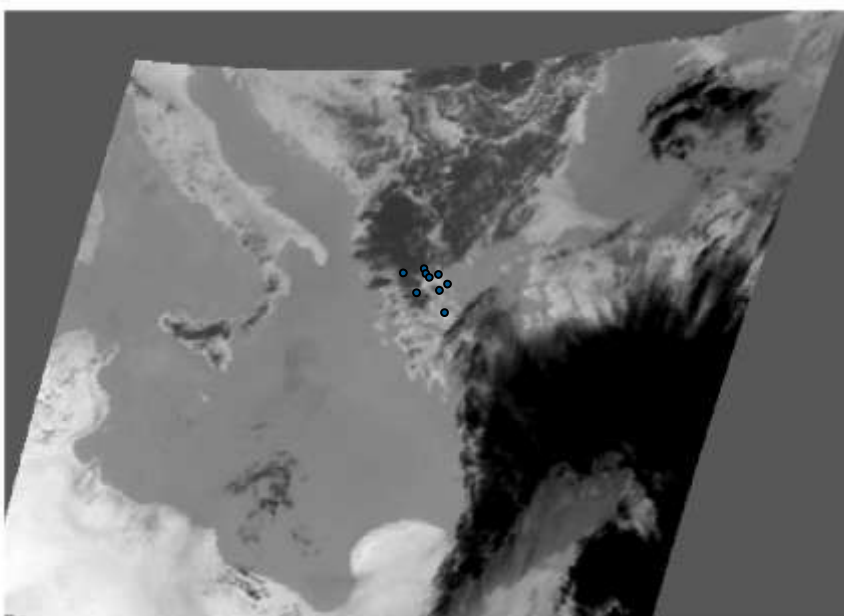
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στους σταθμούς του Τύρναβου, Τσαριτσάνης στις 9/5/1998  
στις 8:00π.μ



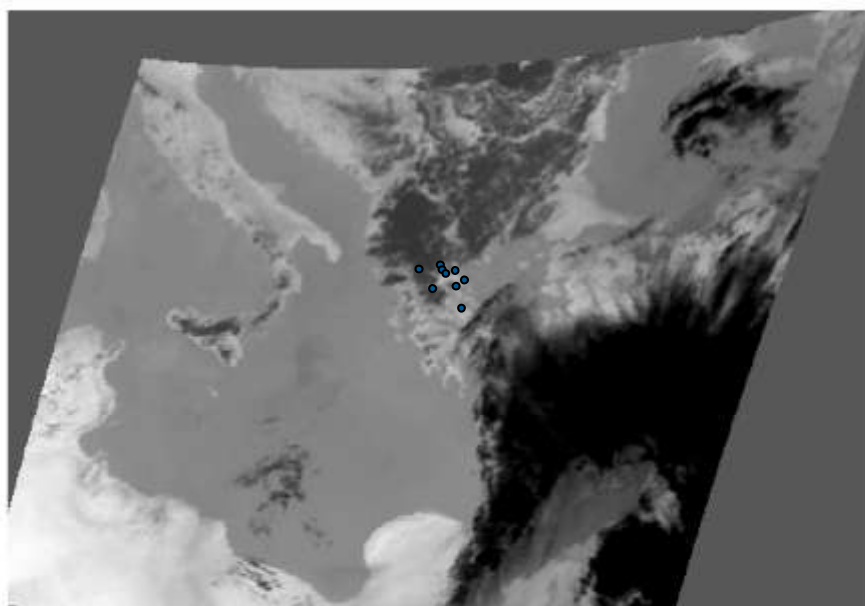
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στους σταθμούς της Ζαγοράς, Τσαριτσάνης στις 9/5/1998  
στις 9:00π.μ



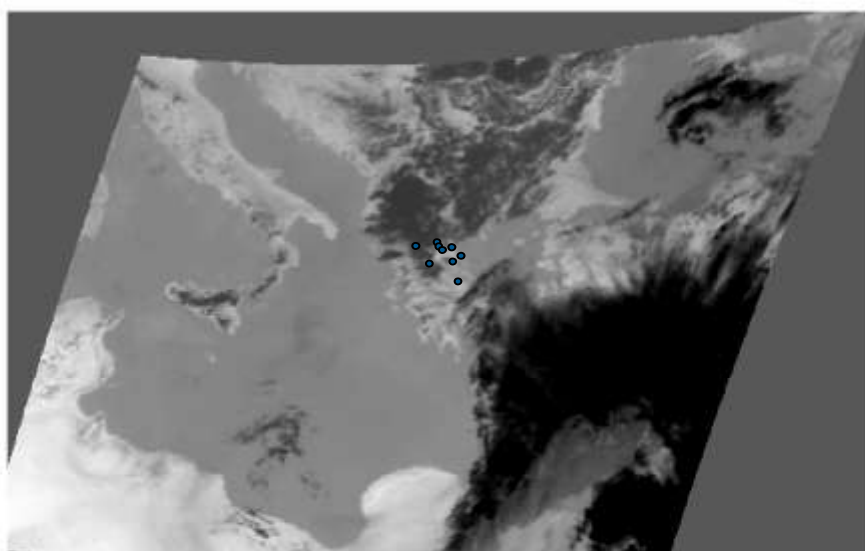
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 9/5/1998 στις 10:00π.μ



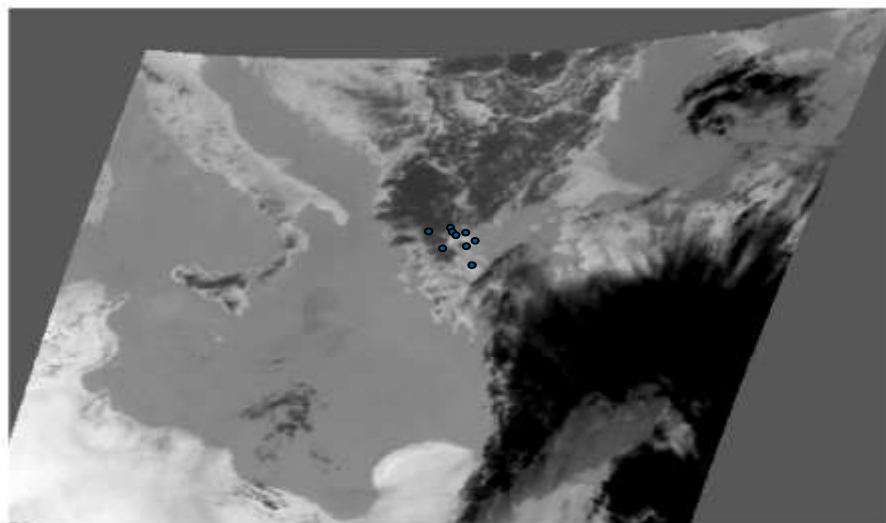
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στους σταθμούς της Καρδίτσας, Τύρναβου, Ζαγοράς στις 9/5/1998 στις 11:00π.μ



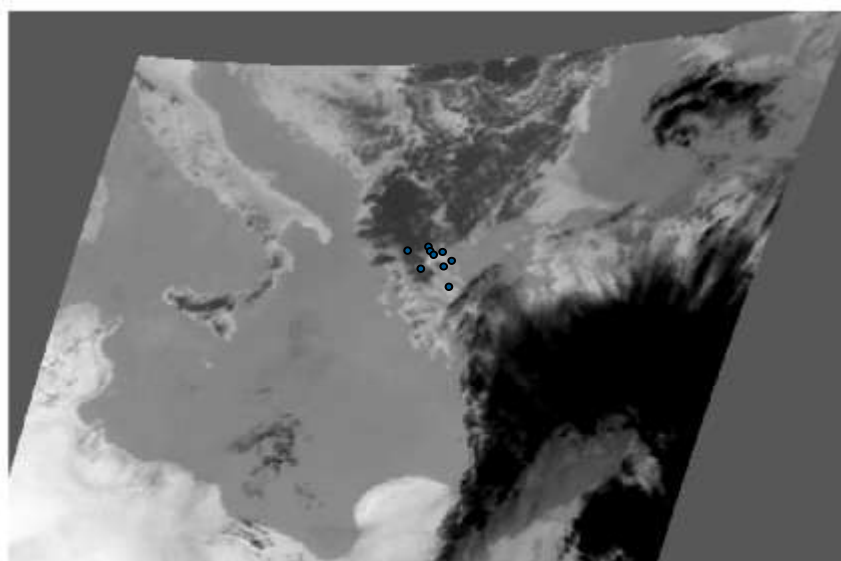
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Καρδίτσας στις 9/5/1998 στις 12:00 το μεσημέρι



Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Καρδίτσας στις 9/5/1998 στις 13:00μ.μ

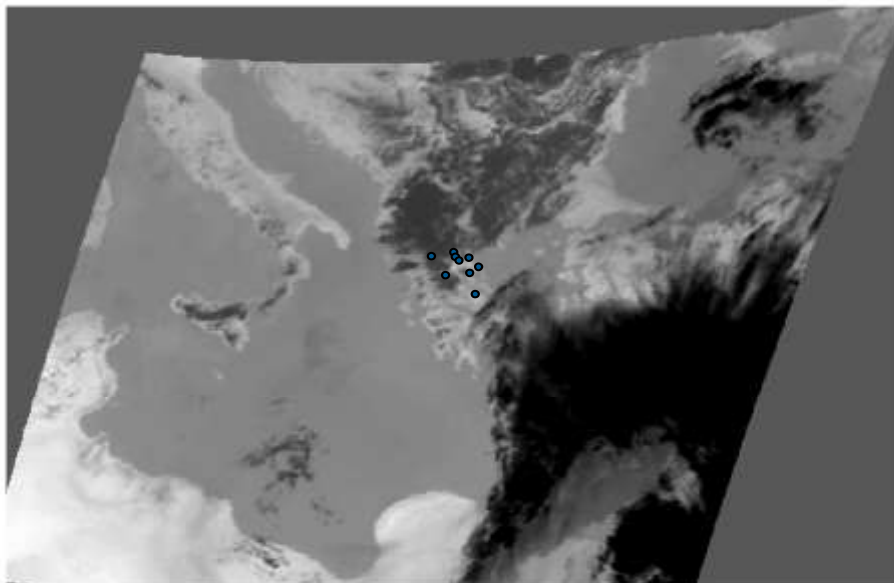


Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στους σταθμούς της Καρδίτσας, Ζαγοράς στις 9/5/1998 στις 14:00μ.μ

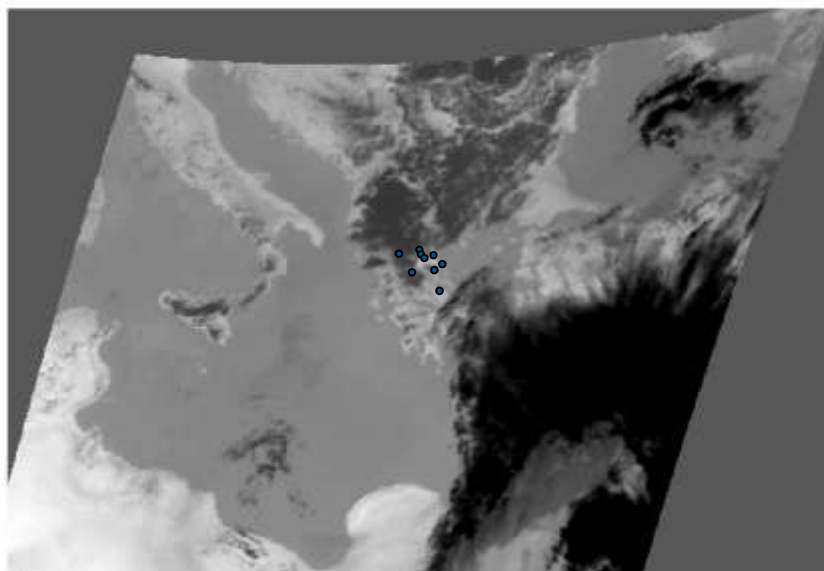




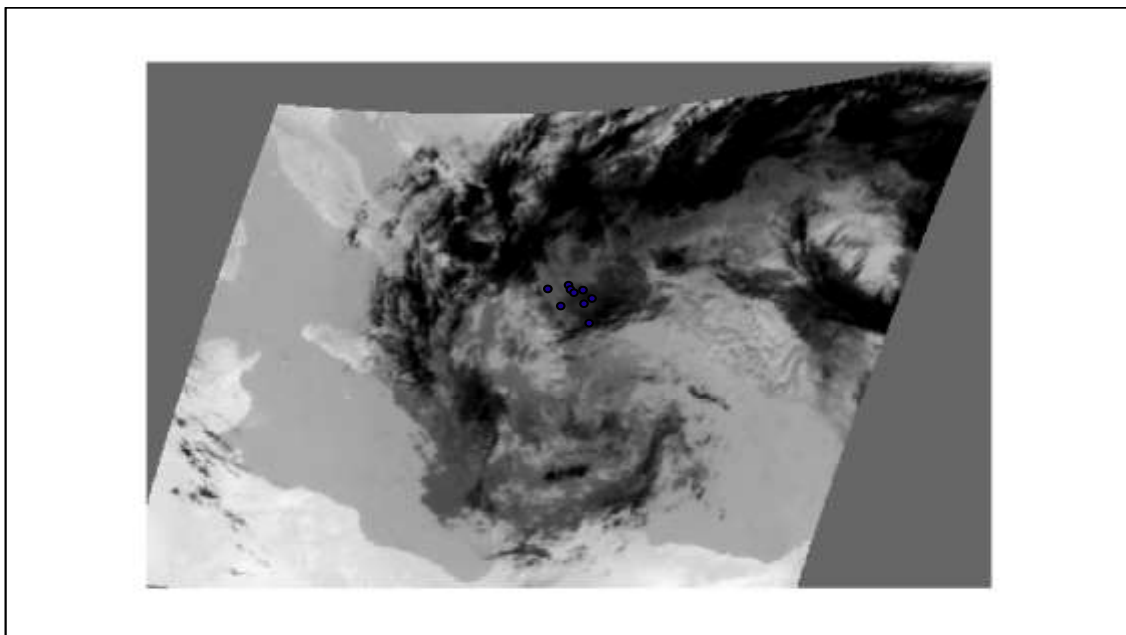
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στους σταθμούς της Καρδίτσας, Αγιάς, Ζαγοράς στις  
9/5/1998 στις 15:00μ.μ



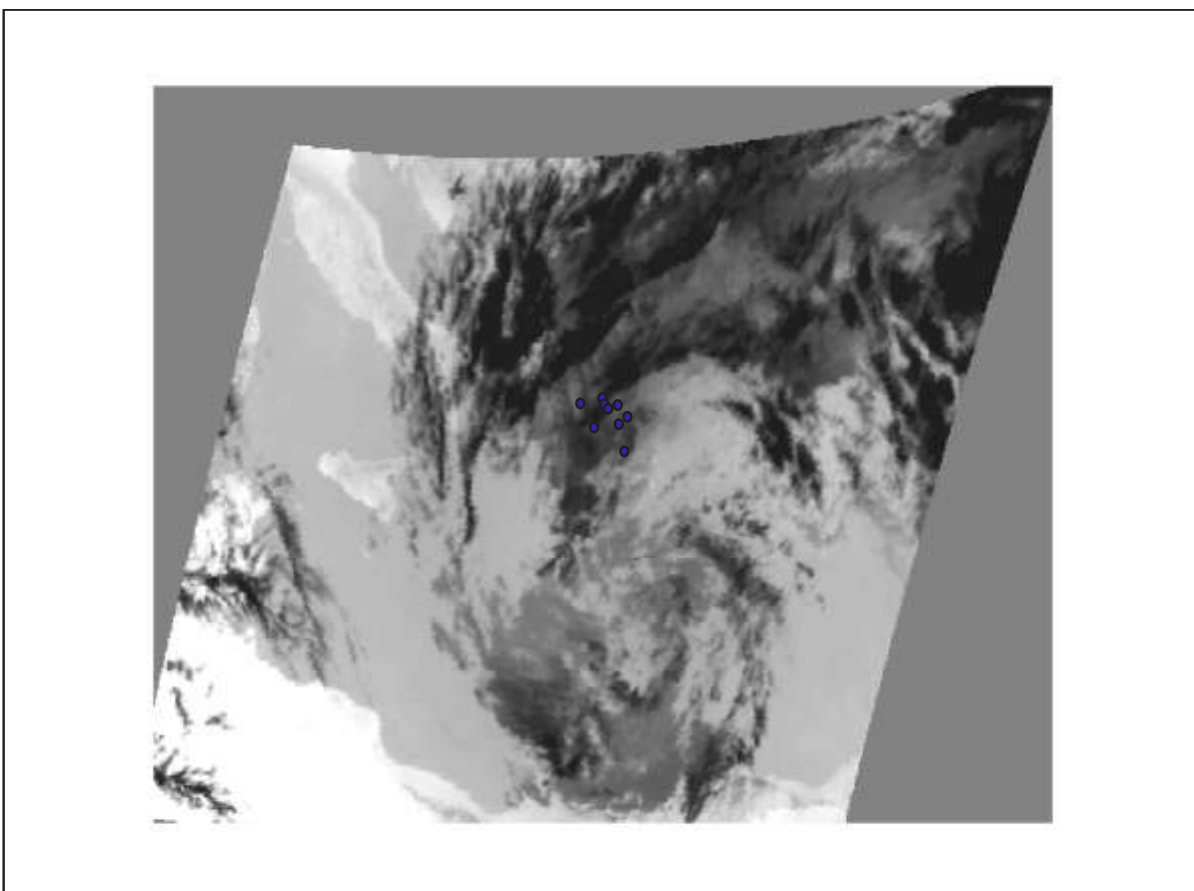
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 10/5/1998 στις 8:00π.μ



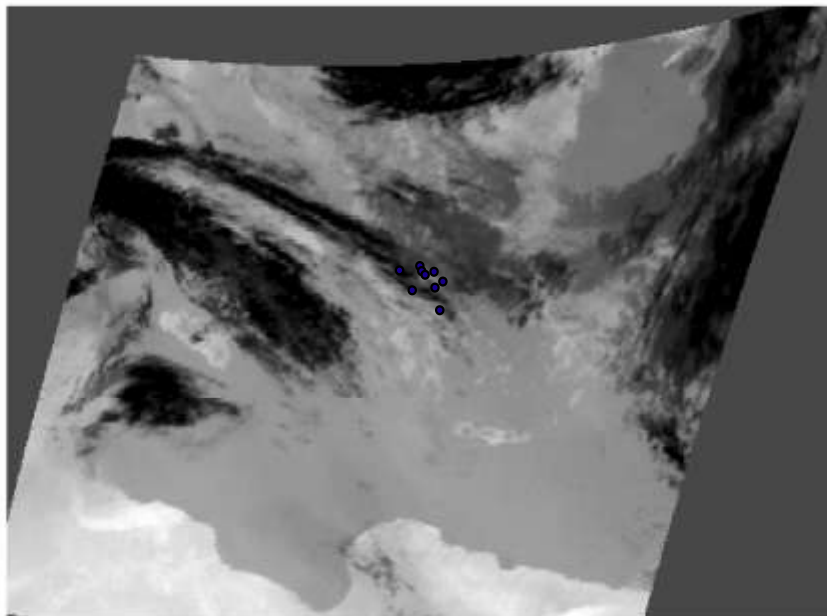
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Τσαριτσάνης στις 10/5/1998 στις 14:00μ.μ



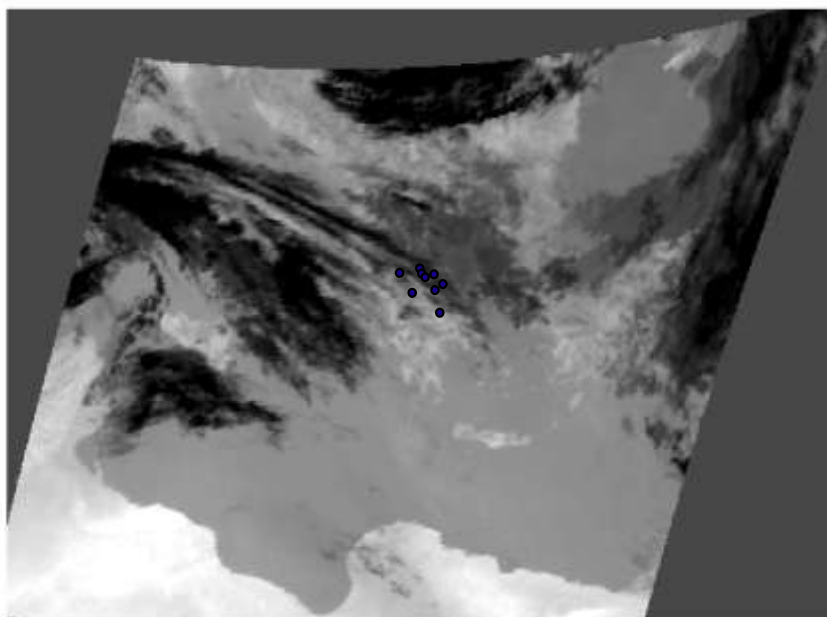
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Αγιάς στις 15/5/1998 στις 7:00π.μ



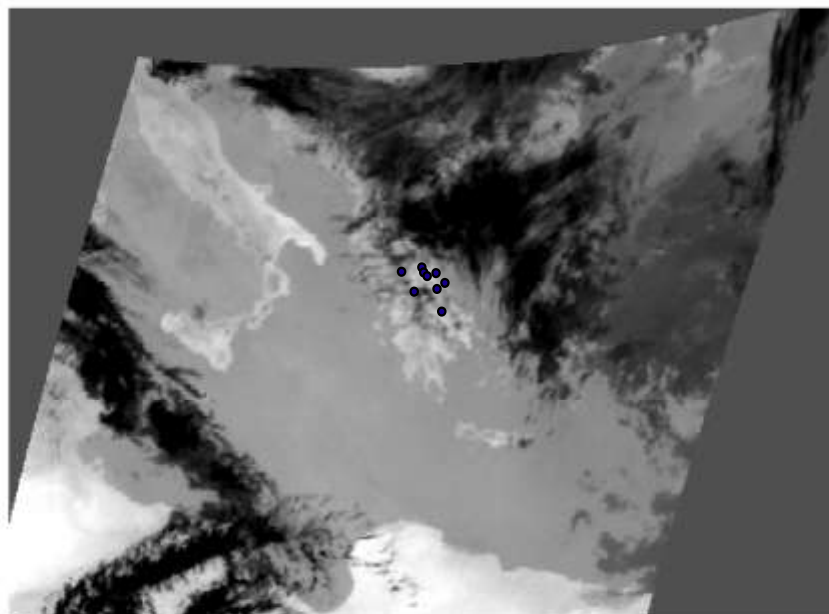
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Τσαριτσάνης στις 15/5/1998 στις 8:00π.μ



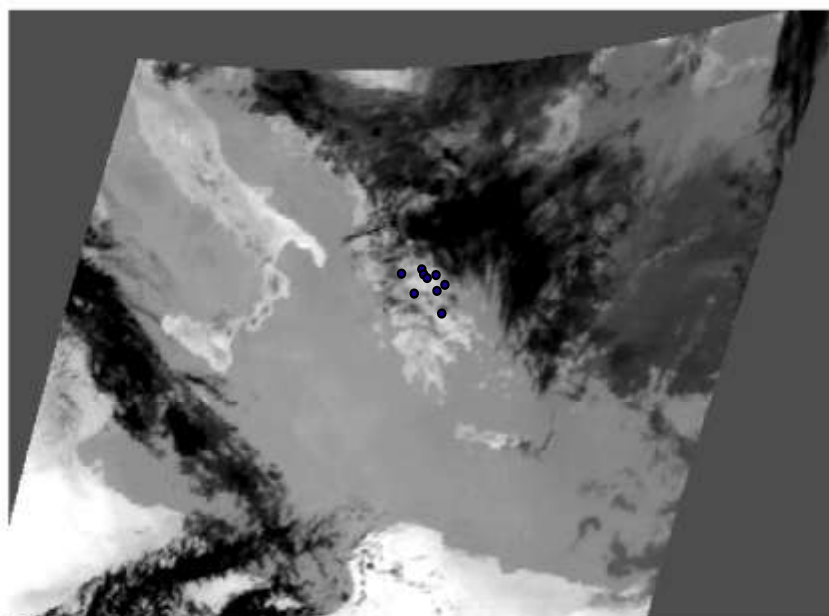
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 14/5/1998 στις 8:00π.μ



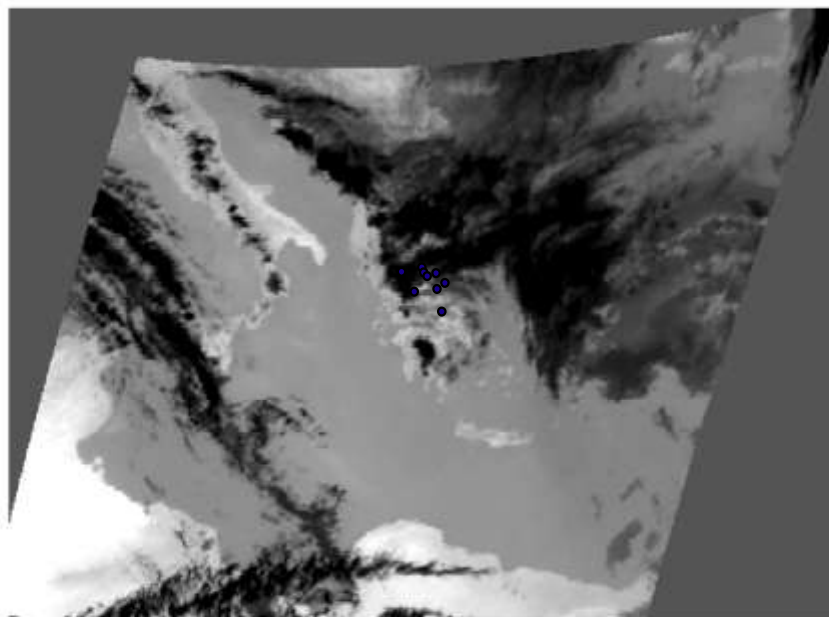
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 14/5/1998 στις 9:00π.μ



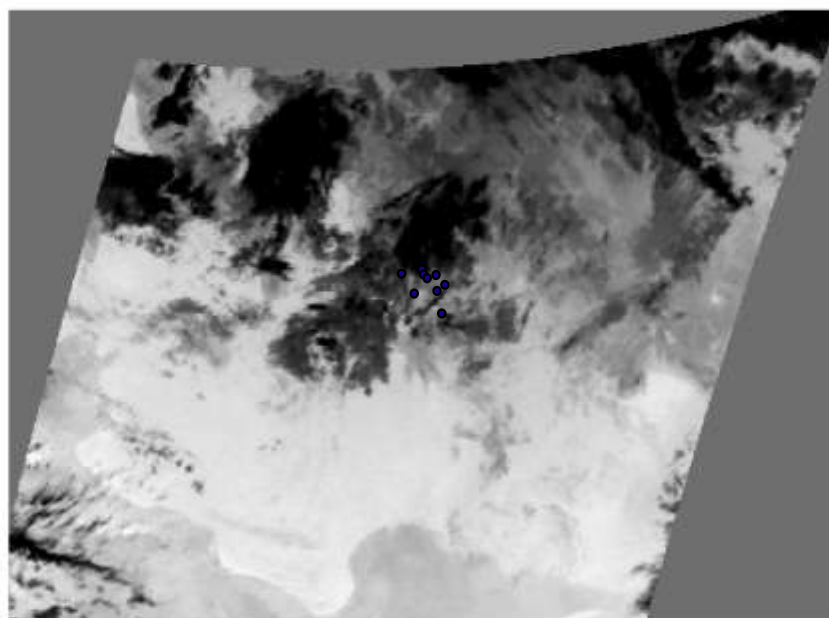
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Καλαμπάκας στις 14/5/1998 στις 13:00μ.μ



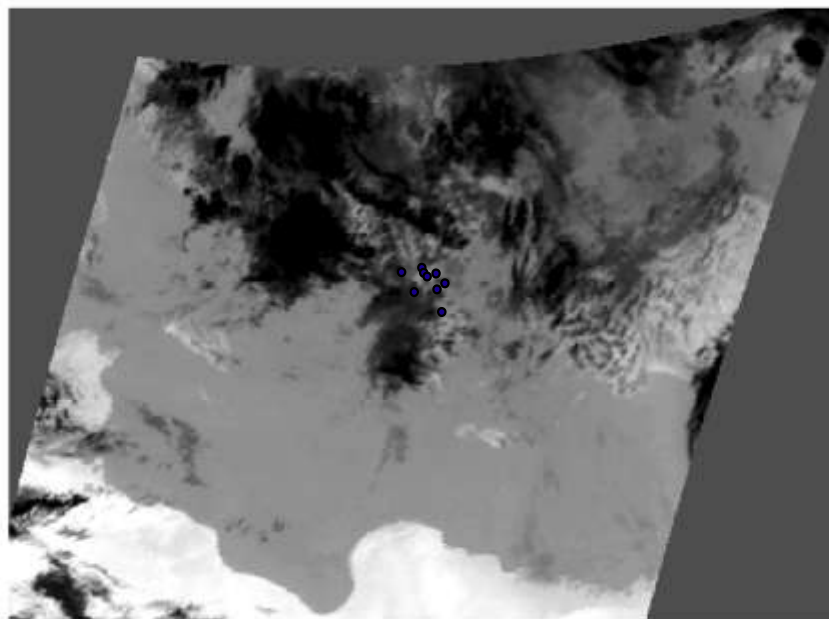
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 18/5/1998 στις 9:00π.μ



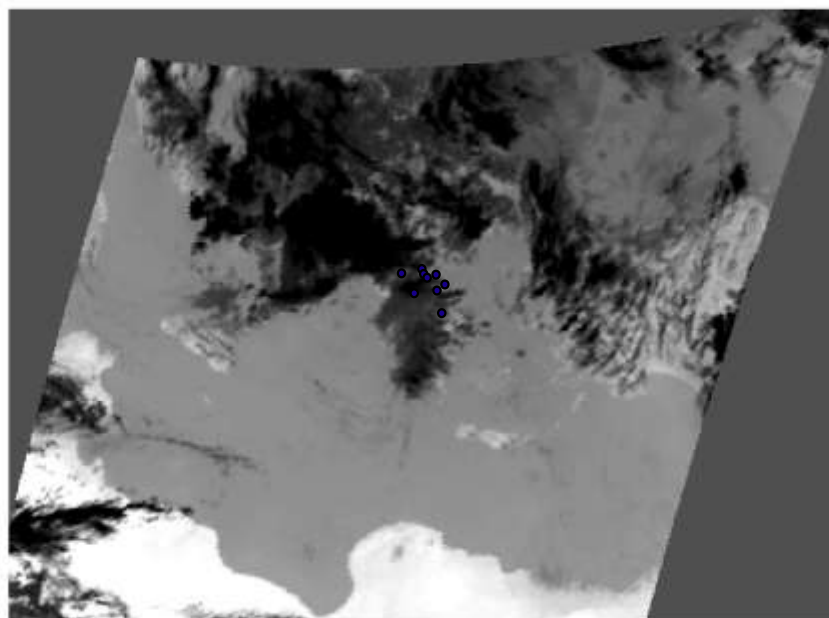
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 18/5/1998 στις 11:00π.μ



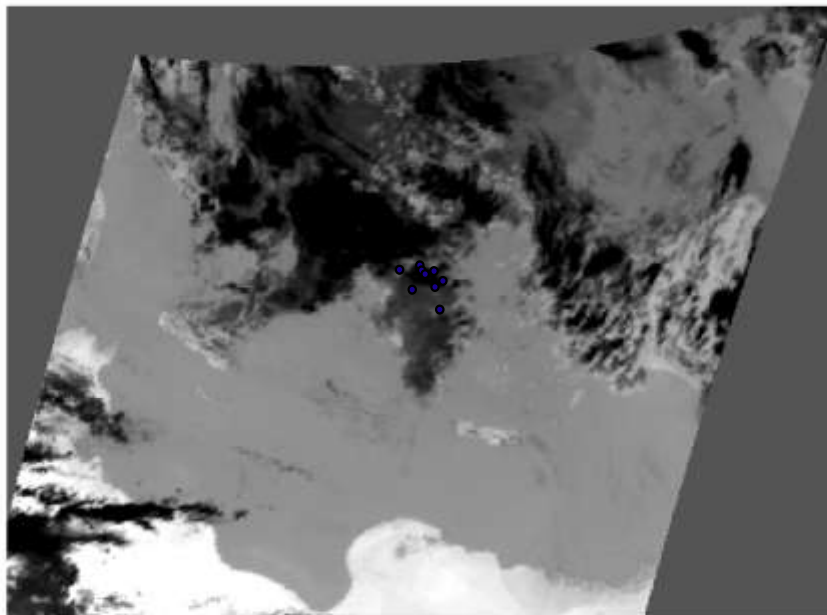
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 18/5/1998 στις 12:00 το μεσημέρι



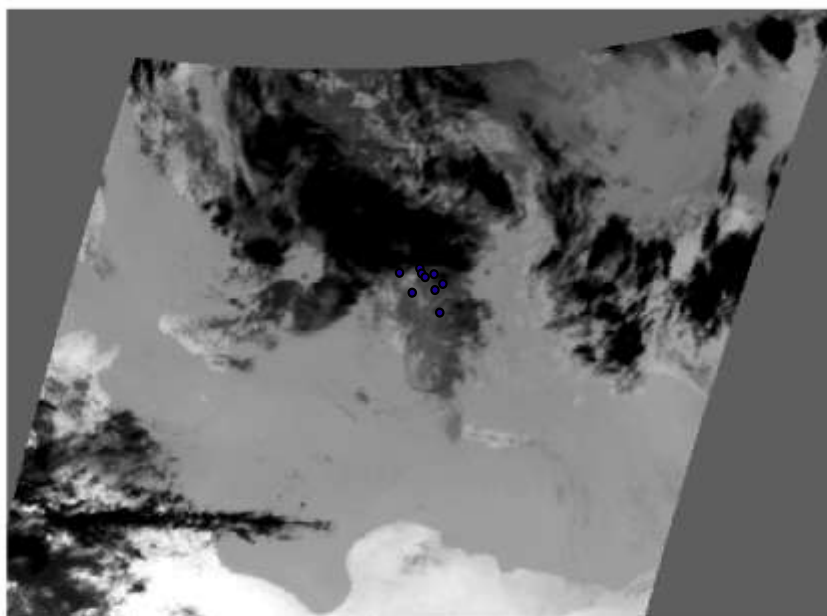
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 18/5/1998 στις 14:00μ.μ



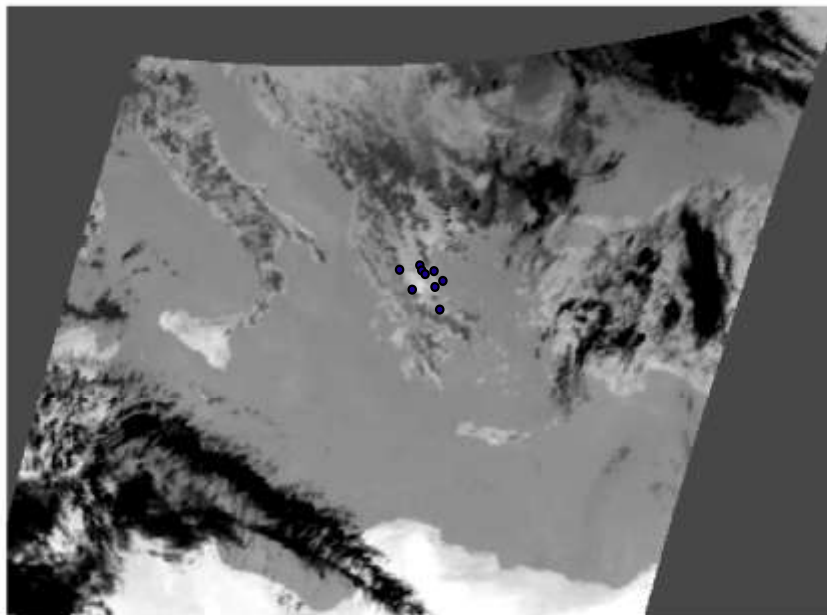
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Τσαριτσάνης στις 18/5/1998 στη 1:00π.μ



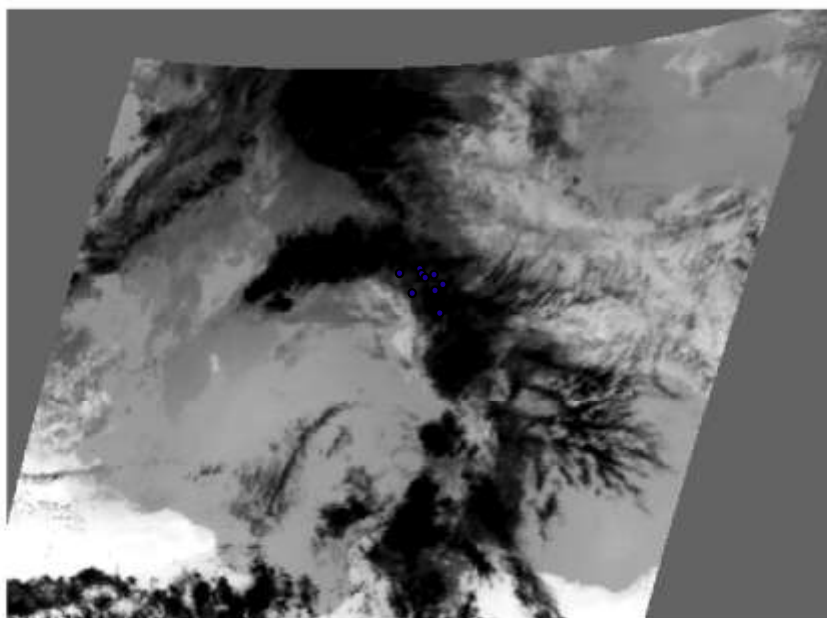
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 27/5/1998 στις 10:00π.μ



Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό του Τυρνάβου στις 25/5/1998 στις 11:00π.μ

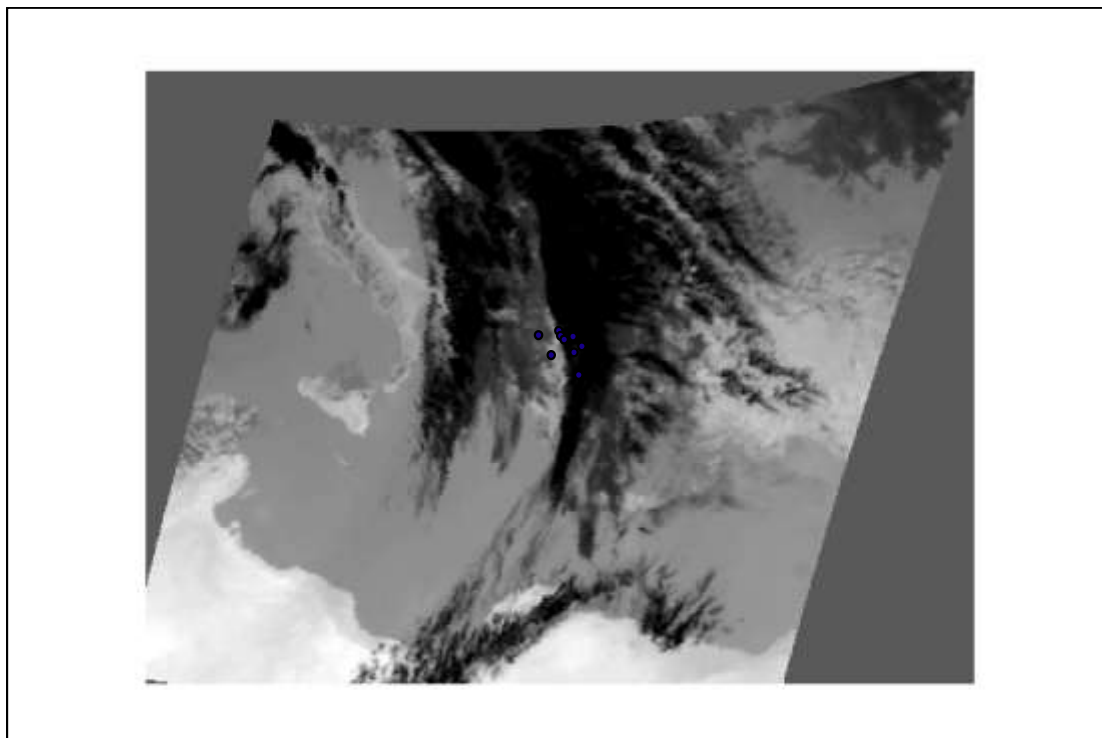


Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 6/5/1998 στις 11:00π.μ

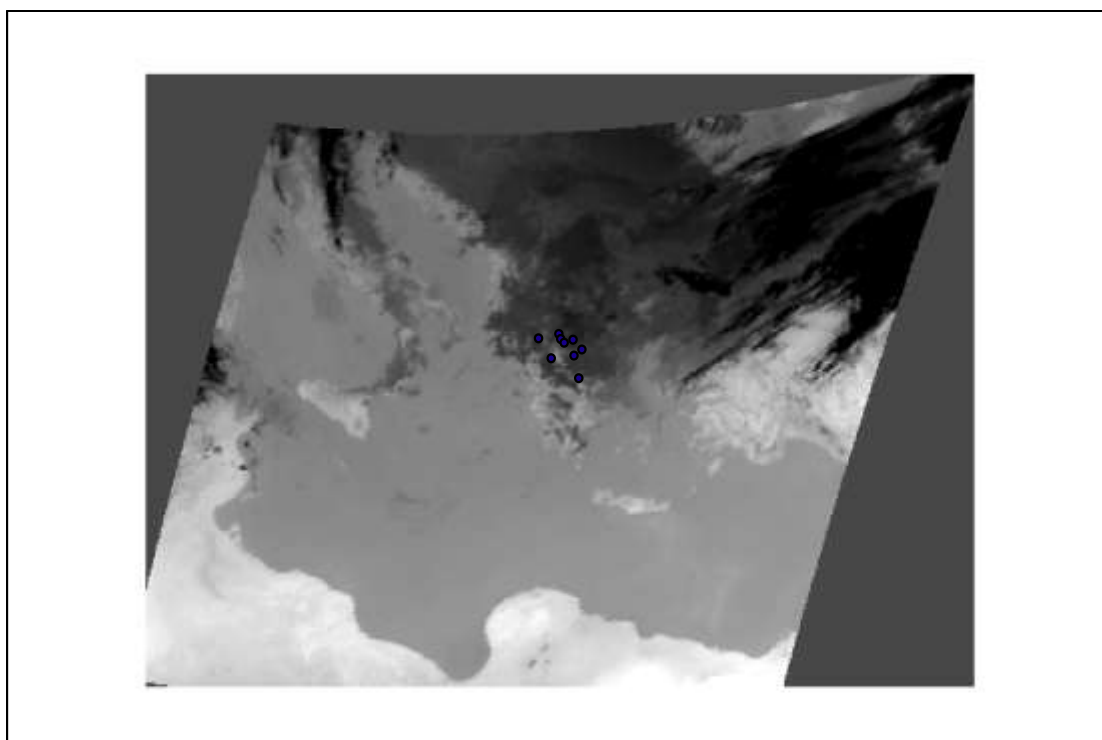




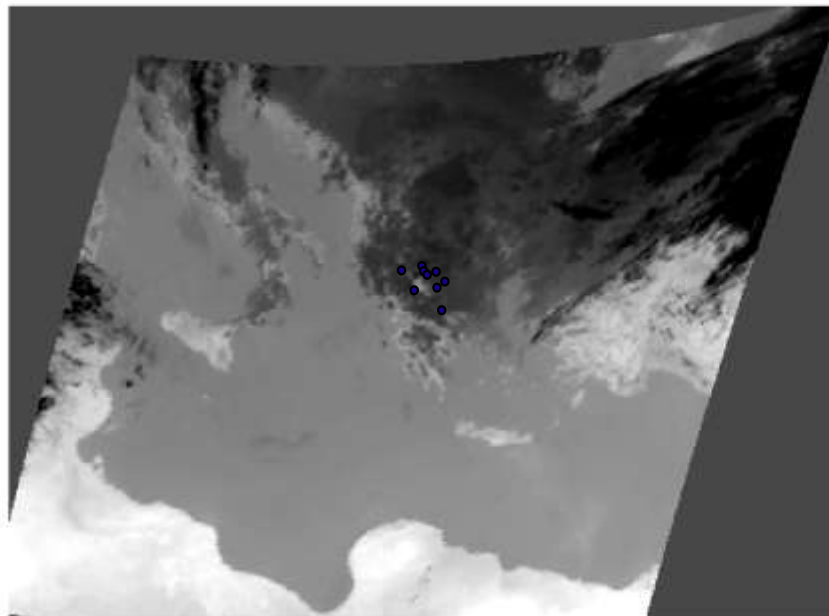
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Αγκιάλου στις 4/5/1999 στις 13:00μ.μ



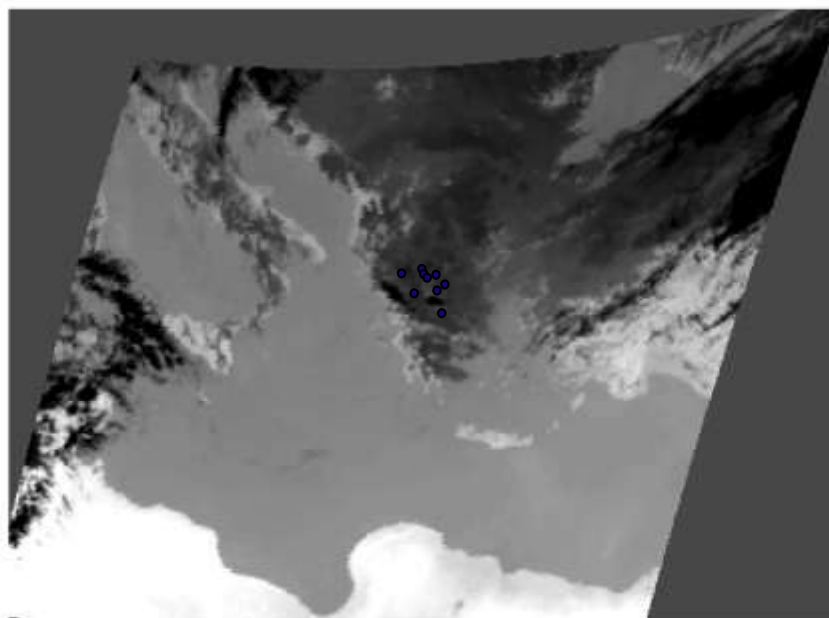
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 19/5/1999 στις 9:00π.μ



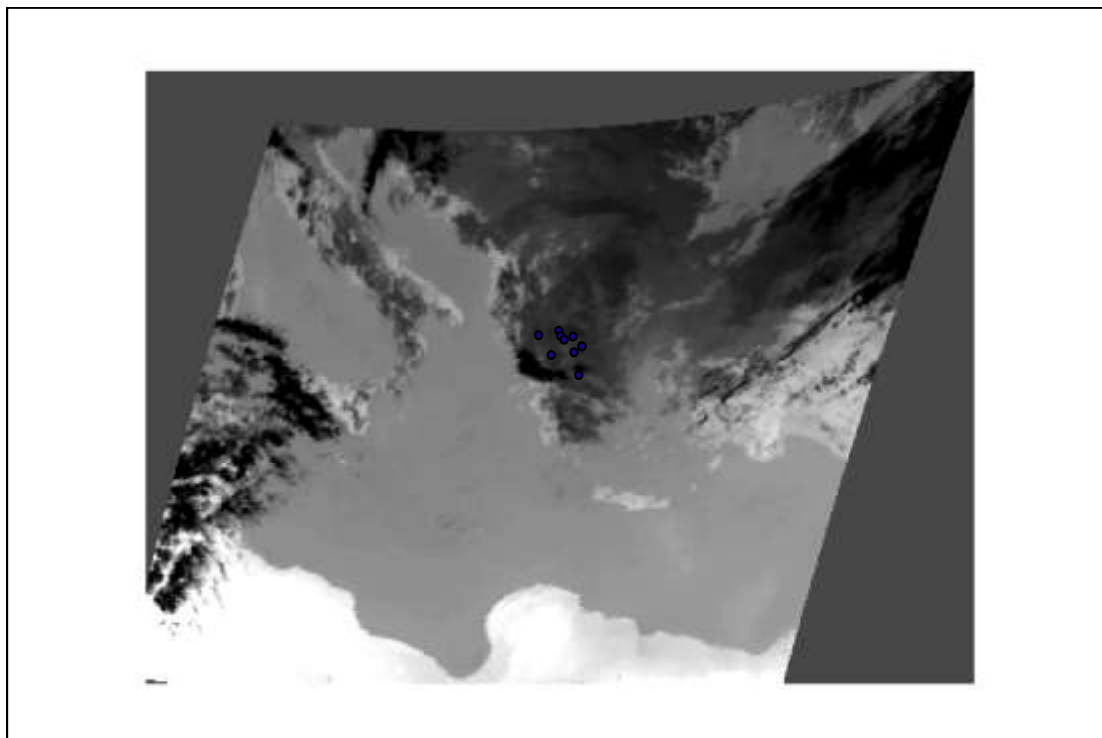
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό του Τυρνάβου στις 24/5/1999 στις 12:00 το μεσημέρι



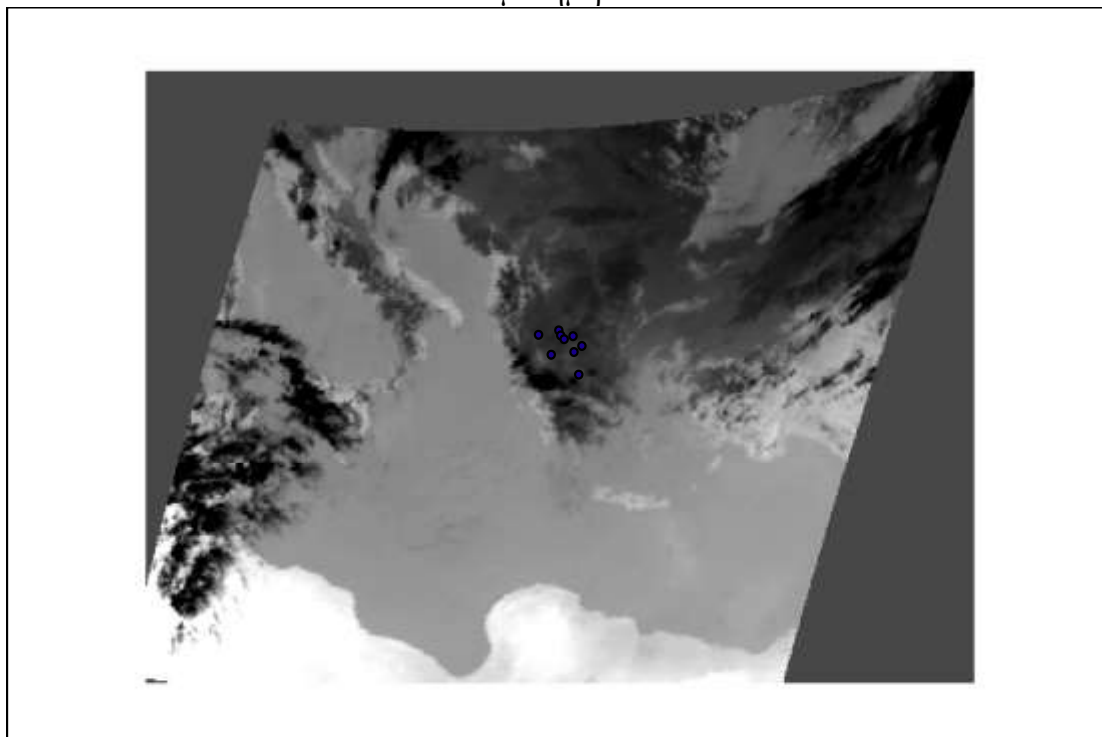
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 6/5/1999 στις 8:00π.μ



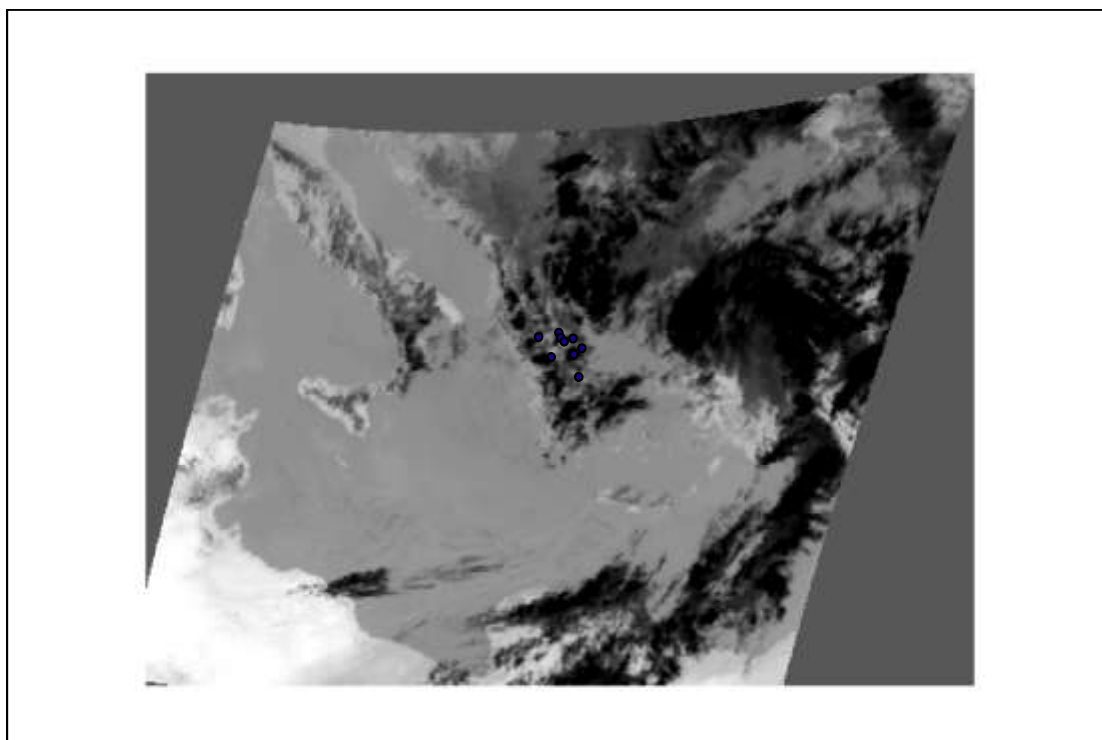
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 6/5/1999 στις 9:00π.μ



Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 6/5/1999 στις 12:00 το μεσημέρι



Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 6/5/1999 στις 13:00μ.μ



Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 6/5/1999 στις 14:00μ.μ

