

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών *Διαχείριση και
Προστασία Περιβάλλοντος*

Μεταπτυχιακή Διατριβή



Χρήση Τηλεπισκόπησης και ΓΠΣ στην ανάλυση βροχόπτωσης και σύνδεσης της με παραμέτρους καταιγιδοφόρου δράσης. Περιπτώσιολογικές αναλύσεις.

Έλενα Πολυκάρπου

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Σταύρος Κολιός

Αύγουστος 2016

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Διαχείριση και
*Προστασία Περιβάλλοντος***

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Έλενα Πολυκάρπου

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Σταύρος Κολιός

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Αύγουστος 2016

ΛΕΥΚΗ ΣΕΛΙΔΑ

Περίληψη

Οι καταιγίδες, μαζί με τους θυελλώδεις άνεμους, την χιονόπτωση, τον παγετό και τον καύσωνα, συγκαταλέγονται στα έντονα καιρικά φαινόμενα, τα οποία έχουν πολλές φορές στοιχίσει ανθρώπινες ζωές αλλά και έχουν προκαλέσει τεράστιες ζημιές σε ανθρώπινες περιουσίες, οι οποίες είχαν ψηλό οικονομικό αντίκρισμα.

Επιπλέον το υδάτινο αποτέλεσμα των καταιγίδων, η βροχόπτωση είναι βασική παράμετρος του παγκόσμιου υδρολογικού κύκλου και επηρεάζει όλες τις πτυχές της ανθρώπινης ζωής. Η σωστή πρόβλεψη και ανίχνευση της βροχόπτωσης, τόσο χωρικά και χρονικά αλλά και ποσοτικά, υπήρξε μια από τους κύριους στόχους των μετεωρολογικών δορυφορικών αποστολών, λόγω της σημαντικότητας της αλλά, και, λόγω της ψηλής χωροχρονικής μεταβλητότητας της. Οι πληροφορίες για τα κατακρημνίσματα από δορυφορικά δεδομένα μπορούν να παρέχουν πληροφορίες για περιοχές όπου τα βροχόμετρα ή τα δίκτυα ραντάρ παρέχουν αραιές πληροφορίες ή και καθόλου, και ο ρόλος τους είναι πολύτιμος.

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή έχει ως σκοπό την μελέτη καταιγίδων στη περιοχή της Μεσογείου μέσω των διαθέσιμων δορυφορικών δεδομένων θερμοκρασίας και βροχόπτωσης, για περίοδο δύο ημερών του Οκτωβρίου του 2012. Ο μήνας Οκτώβριος έχει επιλεγεί καθώς έχει χαρακτηριστεί από πολλούς ερευνητές ως ένας από τους μήνες που χαρακτηρίζονται με βαριά επεισόδια βροχόπτωσης, στην περιοχή της Μεσογείου. Οι περισσότερες από αυτές τις ακραίες βροχοπτώσεις προέρχονται από τα καταιγιδοφόρα συστήματα μέσης κλίμακας, και η ανίχνευση αυτών των συστημάτων γίνεται από δορυφορικές εικόνες. Η λεκάνη της Μεσογείου λόγω φυσιογραφικών και κλιματικών συνθηκών έχει ξεχωριστό χαρακτήρα και συγκεντρώνει μεγάλο ενδιαφέρον από την επιστημονική κοινότητα.

Από τα σημαντικότερα των αποτελεσμάτων της παρούσας διατριβής είναι πως κατά τις ημέρες μελέτης βρέθηκε πως υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ βροχοπτώσεων και θερμοκρασίας, αλλά δεν συνδέονται στενά μεταξύ τους. Το γεγονός αυτό αναδεικνύει ότι η εκδήλωση της βροχόπτωσης καθορίζεται όχι μόνο από το ύψος και τις διαστάσεις των νεφών αλλά επίσης και από την εσωτερική δομή τους.

Summary

The storms, with gale force winds, snowfall, frost and heat, belongs among extreme weather conditions, which have sometimes cost human lives and enormous damage to human property, which had a high economic return.

Moreover aquatic result of storms, which is rainfall is a key parameter of the global hydrological cycle and affects all aspects of human life. The correct prediction and detection of precipitation, both spatially and temporally and quantitatively, was one of the main objectives of the meteorological satellite missions because of its significance, and furthermore because of the high spatial and temporal variability. Information on precipitation from satellite data can provide information on areas where rain gauges or radar networks provide sparse information, if any, and their role is valuable.

This thesis aims to study storms in the Mediterranean region through the available satellite temperature and rainfall data for a period of two days in the October of 2012. The month of October has been chosen as it has been called by many researchers as one of the months characterized with heavy rainfall events in the Mediterranean region. Most of these extreme rainfall derived from Cumulonimbus mesoscale systems and detection of these systems is done by satellite imagery. The Mediterranean Basin due to physiographic and climatic conditions has a unique character and attracts great interest from the scientific community.

The most important result of the present study is that at the days that have been studied was found that there was a weak negative correlation between rainfall and temperature, but they are not closely linked. This reflects that the event of rainfall is determined not only from the height and dimensions of clouds but from their internal structure aswell.

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ τον επιβλέπων καθηγητή μου Δρ. Σταύρο Κολιό για την πολύτιμη καθοδήγηση και βοήθεια που μου έδωσε σε όλη την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, στοιχεία χωρίς τα οποία δεν θα ήταν εφικτή η ολοκλήρωση της.

Επίσης ευχαριστώ τους γονείς μου για την αγάπη και στήριξη τους όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου, καθώς και τον σύζυγο μου Γιάννη για την ενθάρρυνση που μου παρείχε.

Τέλος, ευχαριστώ την κόρη μου Μαρία που υπήρξε αστείρευτη πηγή δύναμης για μένα. Μαζί ξεκινήσαμε αυτό το μεταπτυχιακό και της αφιερώνω την παρούσα διπλωματική εργασία με όλη μου την αγάπη.

Περιεχόμενα

1	Κεφάλαιο Ένα – Εισαγωγή.....	1
1.1	Καταγραφή Προβλήματος.....	1
1.2	Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης.....	2
1.3	Σκοποί και στόχοι της μελέτης.....	2
1.4	Ορισμοί.....	3
2	Κεφάλαιο Δύο -Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	4
2.1	Εισαγωγή.....	4
2.2	Καταιγίδες.....	4
2.2.1	Στάδια ανάπτυξης μιας καταιγίδας.....	5
2.3	Βροχόπτωση.....	7
2.4	Νέφη.....	9
2.5	Δορυφορική τηλεπισκόπηση.....	9
2.5.1	Ορισμός δορυφορικής τηλεπισκόπησης.....	10
2.5.2	Διαδικασία δορυφορικής τηλεπισκόπησης.....	11
2.6	Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.....	12
2.7	Δορυφόροι.....	14
2.7.1	Δορυφόροι Γεωστατικής Τροχιάς και Πολικής Τροχιάς	14
2.7.2	Δορυφόρος TRMM.....	15
2.7.2.1	Σημαντικότητα δορυφόρου TRMM.....	15
2.7.2.2	Όργανα του δορυφόρου TRMM.....	17
2.7.3	Δορυφόροι METEOSAT Δεύτερης Γενιάς (MSG).....	20
2.8	Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών.....	24
2.9	Στατιστική.....	26
2.10	Μεσόγειος.....	26
2.11	Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	28
3	Κεφάλαιο Τρίτο – Μεθοδολογία.....	32
3.1	Σκοπός- Στόχοι.....	32

3.2	Ερευνητικά Ερωτήματα.....	33
3.3	Σχεδιασμός.....	33
3.4	Μέθοδος επεξεργασίας και συλλογής δεδομένων.....	33
3.4.1	Μέθοδος Συλλογής δεδομένων βροχόπτωσης.....	34
3.4.2	Μέθοδος Συλλογής δεδομένων θερμοκρασίας.....	35
3.5	Περιοχή Μελέτης.....	36
3.6	Διαδικασία.....	37
3.6.1	Φάση Α'.....	37
3.6.2	Φάση Β'.....	41
3.6.3	Φάση Γ'.....	45
3.7	Ανάλυση Αποτελεσμάτων.....	47
4	Κεφάλαιο Τέταρτο-Αποτελέσματα.....	49
4.1	Αποτελέσματα 27ης Οκτωβρίου 2012.....	49
4.2	Αποτελέσματα 28ης Οκτωβρίου 2012.....	54
4.3	Συσχετίσεις Pearson.....	59
5	Κεφάλαιο 5- Συζήτηση - Συμπεράσματα -	
	Εισηγήσεις.....	62
5.1	Συζήτηση.....	62
5.2	Συμπεράσματα.....	64
5.3	Περιορισμοί μελέτης – Εισηγήσεις.....	65
	Βιβλιογραφία.....	67
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	75

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Στο παρελθόν ο άνθρωπος ήταν έρμαιο των διάφορων καιρικών φαινομένων, όπως οι σοβαρές καταιγίδες, οι ανεμοθύελλες, και οι ψηλές θερμοκρασίες και πίστευε πως ήταν αποτέλεσμα της διάθεσης των κατά εποχών θείκων μορφών. Για παράδειγμα στην Αρχαία Ελλάδα πίστευαν πως αν ήταν θυμωμένος ο Δίας, έριχνε ηλεκτρικές εκκενώσεις και κεραυνούς, αν ήταν λυπημένος έβρεχε. Με την πρόοδο της τεχνολογίας και της επιστήμης όμως, εξηγήθηκαν τα καιρικά φαινόμενα – από που προέρχονται και πως, έχοντας ως βάση τους τον υδρολογικό κύκλο. Με την ερμηνεία τους δημιουργήθηκαν και οι βάσεις για πρόβλεψη τους. Έτσι ο άνθρωπος ξεκινά σιγά –σιγά τις πρώτες προσπάθειες πρόβλεψης του καιρού και κυρίως των ακραίων καιρικών φαινομένων, που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ανθρώπινη ζωή και εργασία.

Τα πρώτα επιστημονικά εργαλεία για πρόβλεψη των βροχοπτώσεων ήταν τα ραντάρ, τα οποία τοποθετούνταν επίγεια ή σε πλοία, αλλά όμως και τα οποία πολλές φορές δεν μπορούσαν να καλύψουν με επιτυχία ολόκληρη την επιφάνεια της γης. Αργότερα με την έναρξη των δορυφόρων έγινε κατορθωτή ακόμα και η άμεση πρόβλεψη των καιρικών φαινομένων, τα οποία έχουν άμεση επίπτωση στην ανθρώπινη ζωή, στις μεταφορές, στην εργασία.

1.1 Καταγραφή Προβλήματος

Οι καταιγίδες, μαζί με τους θυελλώδεις άνεμους, την χιονόπτωση, τον παγετό και τον καύσωνα, συγκαταλέγονται σύμφωνα με την Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας της Ελλάδας (2008) στα έντονα καιρικά φαινόμενα, και έχουν πολλές φορές στοιχίσει ανθρώπινες ζωές αλλά και έχουν προκαλέσει τεράστιες ζημιές σε ανθρώπινες περιουσίες, οι οποίες είχαν ψηλό οικονομικό αντίκρισμα. Οι σφοδρές καταιγίδες είναι ικανές να πράξουν πολύ χαλάζι, πλημμύρες, ισχυρούς τοπικούς ανέμους και σε κάποιες περιπτώσεις ακόμη και ανεμοστρόβιλους. Η έκταση και διάρκεια της καταιγίδας, σε

συνδυασμό με τα ακραία καιρικά φαινόμενα που την συνοδεύουν μπορούν να καθιστούν την καταιγίδα από τα πιο επικίνδυνα μετεωρολογικά φαινόμενα (Ahrens, 1998).

Έτσι διαφαίνεται η τεράστια σημασία που έχει η έγκαιρη ανίχνευση καταιγίδων και η ενημέρωση του κοινού, που πιθανών να επηρεαστεί από τα αποτελέσματα των καταιγίδων, από ένα ταξίδι που θα κάνουν με το προσωπικό τους όχημα, σε αποφάσεις που θα πάρουν υπεύθυνοι αεροδρομίων για ακύρωση πτήσεων για προστασία των επιβατών, για δρομολόγια που θα ακολουθήσουν επιβατικά ή μεταφορικά πλοία, αλλά και γενικά για αποφάσεις βιομηχανιών ή και καθημερινών ανθρώπων για προστασία της ζωής και της εργασίας τους.

1.2 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης

Καθώς η ποσότητα των δορυφορικών παρατηρήσεων που είναι διαθέσιμες για μελέτη των κατακρημνισμάτων και της θερμοκρασίας συνεχίζεται να αυξάνεται διαφαίνεται η ανάγκη για πιο αποτελεσματικές μεθόδους για ανάλυση και διαλογή των χρήσιμων πληροφοριών από αυτές τις παρατηρήσεις. Παραδοσιακά οι παρατηρήσεις του επίπεδο της τροχιάς του δορυφόρου ερμηνεύονταν σε εικονοστοιχεία και συνοψίζονταν στατιστικά σε οριζόντια πλέγματα που παρείχαν πληροφορίες για την παγκόσμια διανομή. Παρόλο που είναι δύσκολο να γίνει αναζήτηση για επιμέρους καιρικά φαινόμενα λόγω της τεράστιας ποσότητας δεδομένων, σε μια έρευνα που θα μελετηθούν μεμονωμένα συμβάντα πρέπει να συνοψιστούν παρατηρήσεις για ένα συγκεκριμένο σύννεφο ή συγκεκριμένα γεγονότα βροχόπτωσης (Liu et al., 2008).

1.3 Σκοποί και στόχοι της μελέτης

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή έχει ως σκοπό την μελέτη καταιγίδων στη περιοχή της Μεσογείου μέσω των διαθέσιμων δορυφορικών δεδομένων θερμοκρασίας και βροχόπτωσης, για περίοδο δύο ημερών του Οκτωβρίου του 2012. Έχει επιλεγθεί ο μήνας Οκτώβριος καθώς έχει χαρακτηριστεί από πολλούς ερευνητές ως ένας από τους τρεις μήνες (Αύγουστος, Σεπτέμβρης, Οκτώβρης) που χαρακτηρίζονται με βαριά επεισόδια βροχόπτωσης, στην περιοχή της Μεσογείου. Οι περισσότερες από αυτές τις ακραίες

βροχοπτώσεις προέρχονται από τα καταιγιδοφόρα συστήματα μέσης κλίμακας, και η ανίχνευση αυτών των συστημάτων γίνεται από δορυφορικές εικόνες.

Όσο πιο ψυχρές είναι οι κορυφές των νεφών, τόσο περισσότερο ανεπτυγμένα είναι τα νέφη στην τροπόσφαιρα και άρα τόσο περισσότερη είναι η πιθανότητα να υπάρξει εκδήλωση βροχόπτωσης. Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας και με την συνδυασμένη χρήση της Τηλεπισκόπησης και των GIS, πραγματοποιήθηκε χωρική και χρονική συσχέτιση της θερμοκρασίας των νεφών και της βροχόπτωσης που προκαλούν με σκοπό προσδιορισμού του είδους και της έντασης της μεταξύ τους συσχέτισης.

Έτσι προκύπτει πως στόχος της διατριβής είναι να εξαχθούν συμπεράσματα για την σχέση μεταξύ θερμοκρασίας και βροχόπτωσης, κατά την περίοδο μιας καταιγίδας, έχοντας ως απώτερο σκοπό την συσχέτιση τους.

1.4 Ορισμοί

«Ενδοτροπική Ζώνη Σύγκλισης» ονομάζεται η ζώνη κοντά στον ισημερινό, όπου αέριες μάζες από νότιες και βόρειες αέριες μάζες συγκλίνουν, παράγοντας χαμηλές πιέσεις.

«Συναγωγή» ονομάζεται η κίνηση που προκαλείται μέσα σ' ένα ρευστό ή αέριο από την τάση του θερμότερου και επομένως λιγότερο πυκνού υλικού να ανεβαίνει, και του πιο κρύου και πυκνότερου υλικού να κατεβαίνει υπό την επίδραση της βαρύτητας, και η οποία οδηγεί σε μεταφορά θερμότητας.

«Θερμοκρασία Λαμπρότητας» ονομάζεται το μέτρο της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας ενός σώματος που φτάνει στον ανιχνευτή ενός δορυφόρου, και δεν αποτελεί την πραγματική θερμοκρασία του σώματος, αφού επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, που έχουν σχέση με την ατμόσφαιρα της γης.

Κεφάλαιο Δύο

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Στο παρών κεφάλαιο γίνεται μελέτη των βασικών διαδικασιών που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική εργασία, με κυριότερες την διαδικασία της δημιουργίας μια καταιγίδας,

2.1. Εισαγωγή

Ένα μεγάλο ποσοστό φυσικών καταστροφών που συμβαίνουν στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από τα συστήματα συναγωγής. Ορισμένες μελέτες στηρίζουν πως αυτό οφείλεται κατά τις τελευταίες δεκαετίες στην παγκόσμια κλιματική αλλαγή η οποία επιδεινώνει τα ακραία καιρικά φαινόμενα. Σύμφωνα με τον Giorgio (2006) η Μεσόγειος, είναι από τις περιοχές που επηρεάζονται πολύ στην κλιματική αλλαγή («hotspot») με αποτέλεσμα να έχουν ψηλές βροχοπτώσεις κατά τη θερμή περίοδο του χρόνου.

2.2. Καταιγίδες

Οι καταιγίδες συναγωγής προκαλούν επικίνδυνα γεγονότα και ζημιά σε όλο τον κόσμο, όπου κι αν συμβούν. Οι έντονοι άνεμοι, οι πλημμύρες, το έντονο χαλάζι, οι ανεμοστρόβιλοι και οι ηλεκτρικές εκκενώσεις προκαλούν κινδύνους που μπορεί να έχουν εκτεταμένες κοινωνικές επιπτώσεις. Για αυτό τον λόγο πολλές εθνικές μετεωρολογικές υπηρεσίες δίνουν έμφαση στον εντοπισμό και την πρόβλεψη των καταιγίδων συναγωγής, και δίνουν προτάσεις για τον τρόπο αντίδρασης και συναγερού που πρέπει να έχουν οι

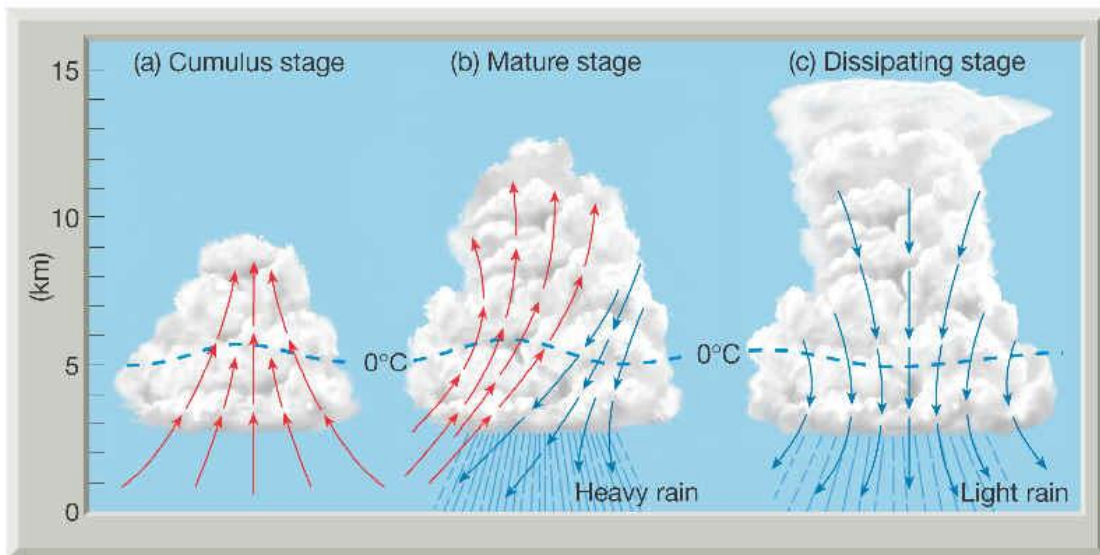
διάφορες χώρες σε περιπτώσεις έντονης δραστηριότητας τους (Rauhala, Schultzb, 2009).

Στην βιβλιογραφία συναντιούνται διάφοροι ορισμοί για τις καταιγίδες. Στις Η.Π.Α. μια σοβαρή καταιγίδα ορίζεται ως μια καταιγίδα που παράγει μεγάλης ποσότητας χαλάζι που υπερβαίνει τα 2,5cm, και συνοδεύεται από ισχυρούς ανέμους άνω των 26 m/s ή με ένα ανεμοστρόβιλο (Galway, 1989). Αυτός ο ορισμός μπορεί να είναι λογικός και ακριβής αφού συχνά οι καταιγίδες συνοδεύονται από ανεμοστρόβιλους και χαλάζι και συχνά γίνονται επικίνδυνες για την ανθρώπινη ζωή, όμως είναι άκαμπτος και αγνοεί άλλα στοιχεία μιας καταιγίδας όπως είναι οι ηλεκτρικές εκκενώσεις (Cross et al. 2013). Πολλοί επιστήμονες υποστηρίζουν πως η έννοια της επικινδυνότητας μιας καταιγίδας είναι υποκειμενική. Εξαρτάται από το τοπικό κλίμα και την ευαισθησία των ανθρώπων στο ρίσκο (Zipser et al. 2006). Στον ελληνικό χώρο υπάρχουν διαφορετικοί ορισμοί για την καταιγίδα, πιο ήπιοι. Σύμφωνα με το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (2015) καταιγίδα ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο σημειώνεται βροχόπτωση συνοδεία ηλεκτρικών εκκενώσεων δηλαδή αστραπών, έχει έκταση μέχρι 30 χιλιόμετρα και διαρκεί από λίγα λεπτά μέχρι μια ώρα.

Μια ταξινόμηση των καταιγίδων θα μπορούσε να είναι σε συνήθεις καταιγίδες (μάζες αέρα) και σε σφοδρές καταιγίδες οι οποίες έχουν και οι δύο τον ίδιο κύκλο ανάπτυξης. Οι απαραίτητες προϋποθέσεις που χρειάζονται για να αναπτυχθεί μια καταιγίδα είναι: αυξημένη υγρασία, ασταθείς αέριες μάζες και ο τρόπος που θα δημιουργήσει τις ανοδικές κινήσεις (Ahrens,1998).

2.2.1. Στάδια ανάπτυξης μιας καταιγίδας

Σύμφωνα και με την εικόνα 2.1 μια καταιγίδα θα αναπτυχθεί, θα εκδηλωθεί και θα διαλυθεί σε τρεις φάσεις, στο στάδιο του σωρείτη, της ωρίμανσης, και της εξασθένησης. Το πρώτο στάδιο αρχίζει όταν εξαιτίας κάποιας αιτίας, μάζα ατμοσφαιρικού αέρα αναγκάζεται να κινηθεί κατακόρυφα σε περιοχή έντονης αστάθειας. Δημιουργείται ένα μεμονωμένο κύτταρο θερμού αέρα, το οποίο αναπτύσσεται σε ανοδικό ρεύμα θερμού αέρα το οποίο είναι επιταχυνόμενο. Η ταχύτητα μπορεί να φτάσει πολλές φορές την τιμή των 30 m/s. Αυτό το ρεύμα καθώς ανεβαίνει, ψύχεται και συμπυκνώνονται οι υδρατμοί που περιέχει. Με αυτόν τον τρόπο σχηματίζονται τα νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης που ονομάζονται σωρείτες (cumulus). Το στάδιο αυτό διαρκεί 15-20 λεπτά (Σαχσαμάνογλου και Μακρογιάννης, 1998).



Εικόνα 2.1: Τα στάδια ανάπτυξης μιας καταιγίδας (Hunter College, 2016)

Στην συνέχεια ακολουθεί η δεύτερη φάση, η φάση της ωρίμανσης. Το ανοδικό ρεύμα έχει μεγιστοποιήσει την ταχύτητα του με αποτέλεσμα οι σωρείτες να εξελίσσονται σε καταιγιδοφόρα νέφη, τους σωρειτομελανίες (cumulonimbus) και τα οποία αποκτούν την μέγιστη κατακόρυφη ανάπτυξη τους και μπορεί να φτάσουν μέχρι και τα 18 km. Τα νέφη πλέον αποκτούν οριζόντια έκταση στο ύψος τους, η οποία ονομάζεται άκμονας. Οι υγρές σταγόνες και οι παγοκρυστάλλοι αποκτούν βάρος, και έτσι δημιουργείται η βροχή ή το χαλάζι, τα οποία ξεκινούν την καθοδική πορεία τους προς το έδαφος. Σε αυτή την φάση πέφτουν και οι πιο ισχυρές βροχοπτώσεις που ενδέχεται να σχηματιστούν. Τέλος η τρίτη φάση είναι η φάση εξασθένησης της καταιγίδας. Το καθοδικό ρεύμα έχει αντικαταστήσει πλήρως το ανοδικό, και σιγά σιγά η βροχή εξασθενεί. Επίσης λόγω της εξασθένησης του ανοδικού ρεύματος η κορυφή του νεφικού σχηματισμού αρχίζει να διαλύεται και τα σημάδια του άκμονα παρασύρονται από τους ισχυρούς ανέμους που πνέουν σε εκείνα τα ύψη της ατμόσφαιρας. Έτσι ο νεφικός σχηματισμός διαλύεται ή διασπάται σε μικρότερα νέφη.

Σύμφωνα με τον Ahrens (1998) στη συνήθη καταιγίδα είναι δυνατόν καθώς το ψυχρό καθοδικό ρεύμα φτάνει στην επιφάνεια, να ωθήσει τον θερμό υγρό επιφανειακό αέρα προς τα πάνω. Έτσι δημιουργείται μια καινούρια καταιγίδα. Είναι λοιπόν δυνατόν να συνυπάρξουν στη σειρά πολλές καταιγίδες οι οποίες να βρίσκονται σε διαφορετικές φάσεις ανάπτυξης, και αυτό ονομάζεται θύελλες πολύ-κυψελίδων, ή διαφορετικά πολυ-κυτταρικές καταιγίδες.

Όσο αφορά τις σφοδρές καταιγίδες αυτές είναι ικανές να παράξουν πολύ χαλάζι, πλημμύρες, ισχυρούς τοπικούς ανέμους, σε κάποιες περιπτώσεις ακόμη και ανεμοστρόβιλους. Η έκταση και διάρκεια της καταιγίδας, αλλά και τα έντονα φαινόμενα που την συνοδεύουν σε κάποιες περιπτώσεις καθιστούν την καταιγίδα από τα πιο επικίνδυνα μετεωρολογικά φαινόμενα, με ενδεχόμενα ζημιών σε καλλιέργειες, χτίσματα αλλά και απώλεια ανθρώπινων ζωών.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, όταν οι ατμοσφαιρικές συνθήκες το επιτρέπουν, τα πεδία ανέμου συγκλίνουν, και έτσι οι αναπτυσσόμενες καταιγίδες αναπτύσσονται μέσα σε οργανωμένα συστήματα καιρού (μέσης κλίμακας καταιγιδοφόρα συστήματα και συμπλέγματα), τα οποία είναι χίλιες φορές μεγαλύτερα από μια απομονωμένη καταιγίδα καταλαμβάνοντας έκταση που μπορεί να ξεπερνά στην πλήρη ανάπτυξη της τα 100.000 km² (Ahrens,1998).

Πολλοί επιστήμονες υποστηρίζουν πως από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά της περιοχής της Μεσογείου είναι τα βαριά επεισόδια βροχόπτωσης που συμβαίνουν συνήθως κατά την διάρκεια του καλοκαιριού και του φθινοπώρου, κυρίως από τον Αύγουστο μέχρι τον Οκτώβριο (Kolios and Feidas,2010). Οι περισσότερες από αυτές τις ακραίες βροχοπτώσεις προέρχονται από τα καταιγιδοφόρα συστήματα μέσης κλίμακας, και οι οποίες έχουν μεγαλύτερη ζωή αλλά επίσης καταλαμβάνουν μεγαλύτερη έκταση απ'ότι οι μεμονωμένες καταιγίδες (Correoso et.al., 2005). Η ανίχνευση αυτών των συστημάτων γίνεται από δορυφορικές εικόνες. Συνήθως επιλέγονται κανάλια της υπέρυθρης ακτινοβολίας ως ο πιο ακριβές τρόπο να περιγράψει την εξέλιξη των συστημάτων συναγωγής λόγω της άμεσης σχέσης του με την θερμοκρασία λαμπρότητας της κορυφής του σύννεφου.

2.3. Βροχόπτωση

Η βροχόπτωση είναι βασική παράμετρος του παγκόσμιου υδρολογικού κύκλου και επηρεάζει όλες τις πτυχές της ανθρώπινης ζωής. Η σωστή πρόβλεψη και ανίχνευση της βροχόπτωσης, τόσο χωρικά και χρονικά αλλά και ποσοτικά, υπήρξε μια από τους κύριους στόχους των μετεωρολογικών δορυφορικών αποστολών, λόγω της σημαντικότητας της αλλά, και, λόγω της ψηλής χωροχρονικής μεταβλητότητας της. Οι πληροφορίες για τα

κατακρημνίσματα από δορυφορικά δεδομένα μπορούν να παρέχουν πληροφορίες για περιοχές όπου τα βροχόμετρα ή τα δίκτυα ραντάρ παρέχουν αραιές πληροφορίες ή και καθόλου (Kuligowski, 2002). Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών έχουν αναπτυχθεί πολλοί αλγόριθμοι για ανάκτηση της βροχόπτωσης από τα δορυφορικά δεδομένα.

Υπάρχουν μέθοδοι που βασίζονται στην υπόθεση πως η σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας λαμπρότητας της κορυφής των νεφών και του επιφανειακού ρυθμού βροχόπτωσης δεν είναι μοναδική για τα περισσότερα εικονοστοιχεία που βασίζονται σε αλγόριθμους εκτιμήσεων της βροχόπτωσης. Τα συστήματα ταξινομήσεων που βασίζονται σε αυτή την υπόθεση χρησιμοποιούν την υπέρυθη θερμοκρασία λαμπρότητας για να ταξινομήσουν τους διαφορετικούς τύπους νεφών. Η σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας των νεφών και του ρυθμού της βροχόπτωσης ανακτάται για τους αντίστοιχους τύπους των ταξινομημένων τύπων νεφών. (Bellerby, 2004)

Η τροπική βροχόπτωση και η βροχόπτωση μεσαίων πλατών είναι ουσιαστικά δύο τύπων, χωρικά περιορισμένη αλλά υψηλής έντασης συναγωγής, ή, πλατιά διαδεδομένη και χαμηλής έντασης σχηματισμού στρωμάτων. Αυτό συμβαίνει λόγω των διαφορών των κάθετων κινήσεων του αέρα και των μικροφυσικών διαδικασιών που διέπουν τον σχηματισμό της βροχής. Οι διαδικασίες αυτές είναι δύσκολο να τις παρατηρήσεις ή να τις μοντελοποιήσεις αλλά ο διαχωρισμός της βροχόπτωσης είναι κρίσιμος για την κατανόηση πως ο κύκλος του νερού ανταποκρίνεται στην αλλαγή του κλίματος (Aggarwal et.al., 2016). Μελέτες έδειξαν ότι η συνολική βροχή είναι το άθροισμα της βροχής από την βροχή συναγωγής και την στρωματοειδής βροχή (Pokhrel et Sikka, 2013).

Στις χώρες της δυτικής Μεσογείου η μέγιστη βροχόπτωση είναι τον φθινόπωρο, και ακολουθούν οι βροχοπτώσεις της άνοιξης, ενώ το καλοκαίρι απουσιάζουν οι βροχοπτώσεις. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει ευρύ ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας για τις βροχοπτώσεις του Φθινοπώρου (Martín, Luna, Morata, and Valero, 2004).

2.4. Νέφη

Τα νέφη βαθιάς συναγωγής αποτελούν περίπου το 40-45% των συνολικών νεφών στην «Ενδοτροπική Ζώνη Σύγκλισης» [Gu and Zhang, 2002]. Παίζουν σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση του κλίματος της γης μεταφέροντας τη θερμότητα της γης, την υγρασία και την ορμή από τα χαμηλότερα στρώματα της τροπόσφαιρας στα ψηλότερα. Το στρώμα τροπικής τροπόπαυσης, το οποίο συναντάται στα 14-18 km [Sherwood and Dessler, 2000] είναι το σημαντικό στρώμα μετάβασης μεταξύ της τροπικής τροπόσφαιρας όπου κυριαρχείται από φαινόμενα συναγωγής, και την ελεγχόμενη από ακτινοβολία στρατόσφαιρα, και υπολογίζει το μέρος του αέρα που εισέρχεται στην στρατόσφαιρα από την τροπόσφαιρα [Thuburn and Craig, 2002]. Επιπλέον τα καταιγιδοφόρα νέφη που διαπερνούν τη τροπική ζώνη τροπόσφαιρας, επηρεάζουν την ανταλλαγή αέρα μεταξύ τροπόσφαιρας και στρατόσφαιρας, και έτσι επηρεάζουν τις φυσικές και χημικές διεργασίες που συμβαίνουν στην τροπική ζώνη τροπόσφαιρας και την στρατόσφαιρα [Gettelman, Salby, Sassi, 2002; Andronache et al., 2002].

2.5. Δορυφορική τηλεπισκόπηση

Η τηλεπισκόπηση ανήκει στις γεωεπιστήμες ή αλλιώς στις επιστήμες της γης, οι οποίες έχουν αυξανόμενο αντίκτυπο σε ευρύ φάσμα τομέων από το εμπόριο μέχρι την επιστήμη και μέχρι την δημόσια πολιτική. Το πεδίο της τηλεπισκόπησης εξελίχθηκε από την ερμηνεία των αεροφωτογραφιών στην ανάλυση των δορυφορικών εικόνων, και από μελέτες τοπικής κλίμακας σε παγκόσμια ανάλυση. Σήμερα τα συστήματα αισθητήρων της τηλεπισκόπησης μπορούν να παρέχουν δεδομένα από την ενέργεια που εκπέμπεται, ανακλάται ή, και μεταδίδεται από όλα τα μήκη του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (Anyamba, 2015).

Η δορυφορική τηλεπισκόπηση μαζί με άλλες τεχνολογίες χαρτογράφησης έχουν από καιρό αναγνωρισθεί ως τα κατάλληλα μέσα για εξερεύνηση και εξ αποστάσεως παρακολούθηση αλλά και για να στιγματίσουν την εξέλιξη της ανάπτυξης

(Brandenberge,1968; NAS,1977). Παράδειγμα εφαρμογής είναι και η πρόβλεψη του καιρού, μέσω παρατηρήσεων των νεφών αλλά και των κατακρημνισμάτων μέσω δορυφορικής τηλεπισκόπησης (Robert, Houze, 2014), που έχει μελετηθεί στην παρούσα διπλωματική εργασία.

2.5.1 Ορισμός δορυφορικής τηλεπισκόπησης

Η λέξη τηλεπισκόπηση έχει ως πρώτο συνθετικό το αρχαίο επίρρημα «τήλε» που σημαίνει μακρόθεν δηλαδή από μακριά και το ρήμα «επισκοπώ» που σημαίνει εξετάζω, επιθεωρώ. Έτσι τηλεπισκόπηση (remote sensing) σημαίνει αντίληψη αντικειμένων ή φαινομένων από απόσταση.

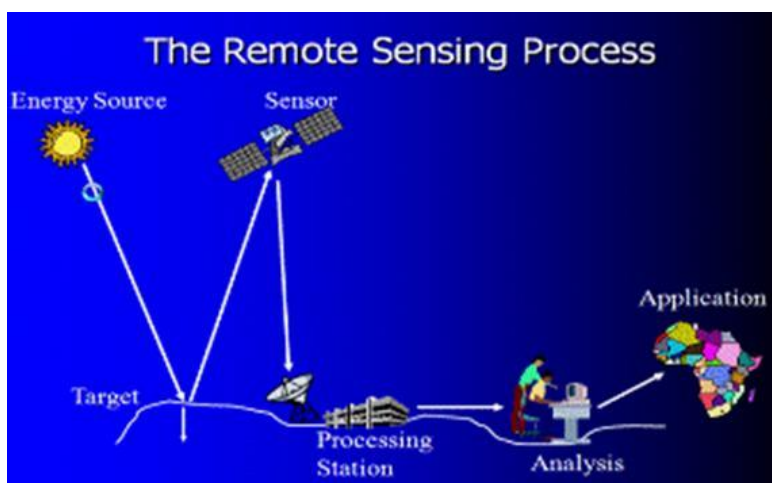
Τηλεπισκόπηση ονομάζεται η τεχνική συλλογής στοιχείων δηλαδή δεδομένων για ένα αντικείμενο ή κάποια αντικείμενα μια περιοχής, η οποία γίνεται από απόσταση, δηλαδή από τον αέρα ή από το διάστημα χωρίς την φυσική επαφή με αυτά τα αντικείμενα. Αυτό είναι δυνατόν χρησιμοποιώντας ειδικά συστήματα καταγραφής αντικειμένων και ειδικά συστήματα οπτικής και ψηφιακής επεξεργασίας των δεδομένων, δηλαδή χρησιμοποιώντας φωτογραφίες και εικόνες. Οι δέκτες χωρίζονται στους «απεικονιστές» (imaging systems) δηλαδή σε αυτούς που δίνουν εικόνα, και στους «ανεικονιστές» (non-imaging systems) σε αυτούς που δεν δίνουν εικόνα (Colwell, 1968)

Στη δορυφορική τηλεπισκόπηση οι αισθητήρες παρέχουν δεδομένα με την μορφή εικόνων και βασίζονται στην αποτύπωση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολία. Έτσι, μπορεί να οριστεί η τηλεπισκόπηση πως είναι η επιστήμη μέτρησης από μακριά, με την βοήθεια δεκτών που δίνουν εικόνες, δηλαδή με τα συστήματα απεικόνισης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, κατά κύριο λόγο μεταξύ 0,4μm -30cm. Αυτή η ακτινοβολία, ανακλάται σκεδάζεται ή εκπέμπεται από ένα ή περισσότερα αντικείμενα πάνω στην επιφάνεια της Γης, και μετά επεξεργασία των εικόνων μπορούν να προσδιοριστούν η φύση και οι ιδιότητες των αντικειμένων αυτών. Αυτή η ακτινοβολία, δηλαδή ενέργεια μπορεί αν έχει φυσική προσέλευση, όπως είναι το φως του ήλιου, αλλά μπορεί να είναι και τεχνητή, όπως από το ραντάρ, ή με σάρωση με λέιζερ, που οδηγά στην έννοια της ενεργητική ή παθητικής τηλεπισκόπησης. Η ενέργεια μπορεί να ανιχνευθεί και να καταγραφεί από το φωτογραφικό φιλμ και τους ψηφιακούς ανιχνευτές. Επίσης υπάρχουν εξελιγμένοι δέκτες ραδιοσυχνοτήτων, συστήματα ραντάρ,

θερμικοί αισθητήρες, ραδιόμετρα και άλλα μέσα ανίχνευσης που απαιτούνται για άλλα μήκη κύματος και συστήματα απεικόνισης (Short et al.2007).

2.5.2 Διαδικασία δορυφορικής τηλεπισκόπησης

Όπως φαίνεται και την εικόνα 2.2. στη διαδικασία της δορυφορικής τηλεπισκόπησης χρειάζονται κάποιοι παράμετροι. Αρχικά πρέπει να υπάρχει μια πηγή ενέργειας (energy source) που φωτίζει ή εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ενέργεια προς τον στόχο του ενδιαφέροντος (target). Αυτή η ενέργεια έρχεται σε επαφή και αλληλεπιδρά με την ατμόσφαιρα καθώς ταξιδεύει προς το στόχο. Στην συνέχεια χτυπώντας στον στόχο αλληλεπιδρά με το υλικό του στόχου, και στην συνέχεια η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία συνεχίζει το ταξίδι της προς τον αισθητήρα (sensor) ο οποίος είναι σε απόσταση από τον στόχο και εκεί καταγράφεται η ακτινοβολία. Ακολούθως τα δεδομένα της ενέργειας που έχει καταγράψει ο αισθητήρας διαβιβάζονται σε ηλεκτρονική μορφή σε ένα σταθμό λήψης και επεξεργασίας (processing station) όπου και αφού επεξεργαστούν αποδίδονται ως εικόνα. Στο επόμενο στάδιο γίνεται ερμηνεία και ανάλυση (analysis) της επεξεργασμένης εικόνας για την εξαγωγή πληροφοριών που αφορούν τον στόχο. Το τελευταίο στάδιο είναι το στάδιο της εφαρμογής (application) των πληροφοριών που συγκεντρώθηκαν στο στάδιο της ανάλυσης της εικόνας όπου τίθενται σε εφαρμογή και έτσι επιλύονται διάφορα προβλήματα (Ποϊραζίδης κ.α., 2013).



Εικόνα 2.2: Η διαδικασία της δορυφορικής τηλεπισκόπησης. (Budhathoki, 2010)

Σε αυτό το σημείο πρέπει να εξηγηθούν κάποιες έννοιες της τηλεπισκόπησης όπως είναι η χωρική ανάλυση, και η φασματική και η χρονική διακριτική ικανότητα.

Η «χωρική ανάλυση» ή αλλιώς «γεωμετρική διακριτική ικανότητα» είναι συνήθως το μέγεθος του εικονοστοιχείου που απεικονίζει το έδαφος και είναι η ελάχιστη επιφάνεια του εδάφους όπου μπορεί να γίνει παρατήρηση.

Η «φασματική διακριτική ικανότητα» είναι η ικανότητα του δέκτη να αντιλαμβάνεται πληροφορίες στο φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, σε διαφορετικά μήκη κύματος, τα οποία αντιστοιχούν σε διαφορετικά κανάλια της τηλεπισκοπικής απεικόνισης. Υπάρχουν τηλεσκοπικά δεδομένα που έχουν πληροφορία στο υπέρυθρο, στο υπεριώδες ή στο ορατό φάσμα.

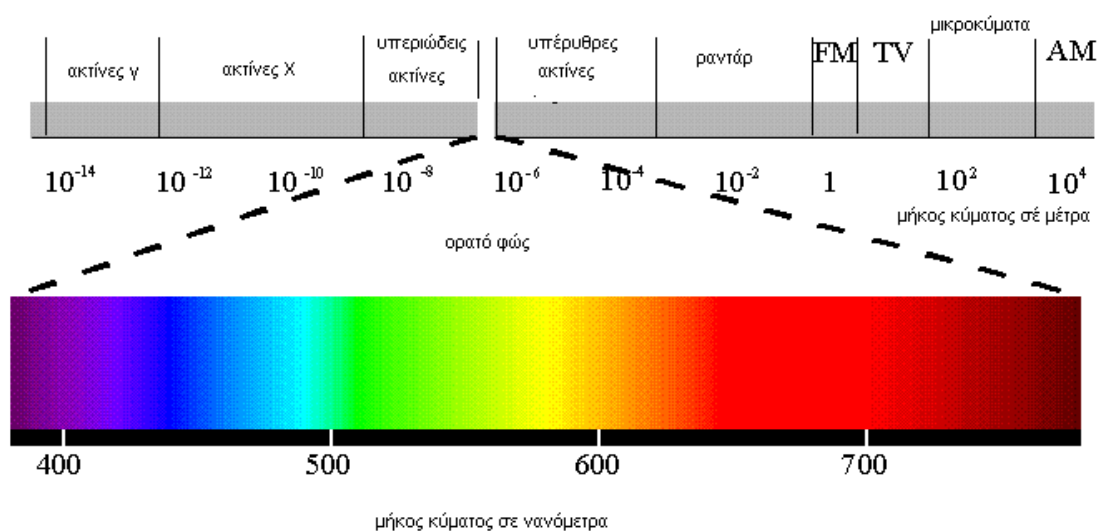
Επίσης η «χρονική διακριτική ικανότητα» είναι η ικανότητα του δέκτη να πραγματοποιεί κατ'επανάληψη την μέτρηση του πάνω από συγκεκριμένη περιοχή π.χ. ο δέκτης SEVIRI του δορυφόρου Meteosat ο οποίος λαμβάνει εικόνα κάθε 15 λεπτά πάνω από την περιοχή ενδιαφέροντος (Μηλιαρέσης, 2002).

Ακολουθώντας, για να γίνει αντιληπτός ο τρόπος ανάλυσης των καταγραφών από τους δορυφόρους θα αναφερθεί η διάδοση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας στη γη.

2.6. Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι η ενέργεια που διαδίδεται από τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Αυτά αποτελούνται από ένα ηλεκτρικό και ένα μαγνητικό πεδίο, τα οποία κινούνται κάθετα μεταξύ τους και κάθετα στην διεύθυνση διάδοσης τους, προς κάθε κατεύθυνση στον χώρο. Έχουν ως κοινό χαρακτηριστικό την ταχύτητα διάδοσης, η οποία ονομάζεται ταχύτητα του φωτός και είναι 300 000 χιλιόμετρα ανά δευτερόλεπτο, ενώ διαφοροποιούνται ως προς την συχνότητα ή το μήκος κύματος. Συχνότητα ονομάζεται το πλήθος των κυμάτων που διέρχεται από ένα συγκεκριμένο σημείο ανά δευτερόλεπτο, και η οποία μετριέται σε hertz (1Hz = 1κύκλος ανά δευτερόλεπτο). Βάση της συχνότητας τους η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ταξινομείται σε διάφορες κατηγορίες από τις μικρές συχνότητες τηλεφωνικών κυμάτων, στα ραδιοκύματα, μικροκύματα, στο ορατό, και στις ακτινοβολίες ψηλών συχνοτήτων

που είναι οι ακτίνες χ και ακτίνες γ . Το σύνολο αυτών των συχνοτήτων ονομάζεται ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Άλλη διάκριση της ακτινοβολίας μπορεί να γίνει με το μήκος κύματος της το οποίο είναι η απόσταση που διανύει το κύμα στο χρόνο μιας ταλάντωσης του και μετριέται σε μέτρα. Το μήκος κύματος ή η συχνότητα αποτελεί την ταυτότητα μιας ακτινοβολίας. Δηλαδή το κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε μια στενή περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος περίπου 10 νανομέτρων. Αυτή η περιοχή ονομάζεται και μονοχρωματική ακτινοβολία. Απόλυτα μονοχρωματικό φως δηλαδή ακτινοβολία μιας μόνο συχνότητας δεν υπάρχει, το πλησιάζει όμως σε μεγάλο βαθμό η ακτινοβολία λέιζερ (Sridharan, 2016).



Εικόνα 2.3: Απεικονίζεται το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, για μήκη κύματος από 10^{-14} μέχρι 10^4 m, και το ορατό φάσμα που βρίσκεται στα 400nm-800nm (4×10^{-7} m- 8×10^{-7} m).

Η θερμική ακτινοβολία είναι η εκπομπή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων από όλα τα υλικά που έχουν θερμοκρασία μεγαλύτερη από το απόλυτο μηδέν. Αντιπροσωπεύει την μετατροπή της θερμικής ενέργειας σε ηλεκτρομαγνητική ενέργεια. Η θερμική ενέργεια είναι η μέση ολική κινητική ενέργεια των τυχαίων κινήσεων των ατόμων και μορίων στην ύλη. Η κατανομή της ενέργειας σ' ένα μόριο μια δεδομένη στιγμή είναι το άθροισμα της ηλεκτρικής ενέργειας, της ενέργειας δόνησης και της περιστροφικής ενέργειας. Η ηλεκτρική ενέργεια συνδέεται με τις μεταπτώσεις των ηλεκτρονίων που βρίσκονται στο μόριο, είτε βρίσκονται σε δεσμούς είτε είναι ελεύθερα σε αυτό. Η ενέργεια δόνησης αντιστοιχεί στην απορρόφηση της ενέργειας από ένα μόριο καθώς τα άτομα που

αποτελούν το μόριο αυτό δονούνται γύρω από το μέσο του χημικού δεσμού τους. Η περιστροφική ενέργεια είναι η ενέργεια περιστροφής ενός μορίου λόγω της απορρόφησης της ενέργειας στην περιοχή μικροκυμάτων. Στην μετεωρολογία η θερμική ενέργεια είναι σημαντική παράμετρος στην θερμοδυναμική αφού είναι κυρίως υπεύθυνη για την μεταφορά θερμότητας μεταξύ αντικειμένων, καθώς θερμότερα σώματα όπως είναι η επιφάνεια της γης ακτινοβολεί περισσότερη θερμότητα απ'ότι τα πιο ζεστά όπως είναι τα νέφη. Στις περιπτώσεις όπου ο δορυφόρος απεικονίζει το σύννεφο με μαύρο σώμα, μετριέται μόνο η ακτινοβολία η οποία προέρχεται από την κορυφή του σύννεφου και από τα πιο χαμηλά στρώματα της κορυφής του συννέφου. Όταν το σύννεφο είναι ημιδιαφανές η ακτινοβολία που μετριέται από τον δορυφόρο έρχεται από την κορυφή του συννέφου, από στρώματα πάνω από την κορυφή του συννέφου και εν μέρει από στρώματα κάτω από την κορυφή του συννέφου (Kanak,2011).

2.7. Δορυφόροι

Η δορυφορική τηλεπισκόπηση παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για την κατάσταση του συστήματος γης – ατμόσφαιρας και των συστατικών του σε ολόκληρη τη περιοχή παρακολούθησης και κατά συνεχή τρόπο. Ο πρώτος μετεωρολογικός δορυφόρος ήταν ο TIROS-1 και ξεκίνησε το 1960, ο οποίος παρήγαγε δεδομένα δορυφορικών παρατηρήσεων της γης και της ατμόσφαιρας. Στην συνέχεια ακολούθησαν πολλές δορυφορικές πλατφόρμες για την παρακολούθηση των ατμοσφαιρικών παραμέτρων και οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν σε μετεωρολογικές και κλιματολογικές μελέτες (Kidd et al,2009).

2.7.1. Δορυφόροι Γεωστατικής Τροχιάς και Πολικής Τροχιάς

Οι επιστήμονες εκμεταλλεύονται τόσο τους γεωστατικούς δορυφόρους, όσο και τους δορυφόρους χαμηλής πολικής τροχιάς κοντά στη γη οι οποίοι παρέχουν δεδομένα σε διαφορετική χρονική και χωρική ανάλυση. Οι γεωστατικοί δορυφόροι κυκλοφορούν πάνω από την γη και συγκεκριμένα πάνω από τον ισημερινό σε ύψος 36 000 χλμ. Η περίοδος τροχιάς τους είναι 24 ώρες. Κυκλοφορούν με την ίδια γωνιακή ταχύτητα της

γης και έτσι φαίνονται να είναι σταθμευμένοι πάνω από συγκεκριμένο σημείο του ισημερινού. Μπορούν να κάνουν παρατηρήσεις με ψηλή χρονική ανάλυση των 15 ή 30 λεπτών. Οι γεωστατικές πλατφόρμες που βρίσκονται σε λειτουργία χρησιμοποιούνται εκτενώς στις μετεωρολογικές εφαρμογές άμεσης πρόβλεψης και είναι πολύ σημαντικές για την έρευνα του κλίματος λόγω της μακράς χρονοσειράς δεδομένων που έχουν παράξει (Thies και Bendix, 2011)

Από την άλλη οι πλατφόρμες πολικής τροχιάς βρίσκονται σε ύψος 750-850 km πάνω από την γη και έχουν κλίση 90° ως προς το επίπεδο του ισημερινού έτσι ώστε ένας δορυφόρος να μπορεί να περάσει πάνω και από τους δύο πόλους της γης. Το επίπεδο της τροχιάς είναι από τον βορρά στον νότο και σχεδόν σταθερό στον χώρο με αποτέλεσμα να καλύπτει ολόκληρη την υδρόγειο κατά την περιστροφή της. Η τροχιά τους σχεδιάζεται έτσι ώστε να διασφαλίζεται πως η γωνιά μεταξύ του δορυφόρου και του ήλιου παραμένει σταθερή, με αποτέλεσμα συνθήκες φωτισμού (Eumetsat, 2016).

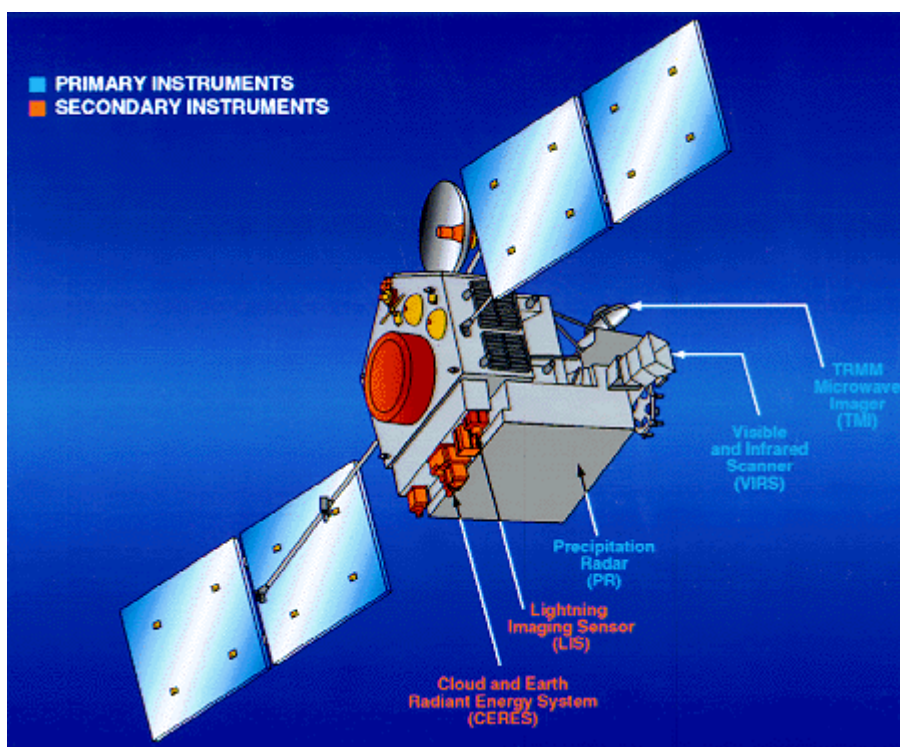
2.7.2. Δορυφόρος TRMM

Πριν την έναρξη του δορυφόρου TRMM που έγινε το Νοέμβριο του 1997, οι επιστήμονες για να παρακολουθούν την κάθετη δομή των καταιγιδοφόρων νεφών, και τα μικροφυσικά χαρακτηριστικά τους χρησιμοποιούσαν επίγεια ραντάρ [π.χ., Heymsfield και Fulton, 1988? . Cifelli et al, 2002], ραντάρ που βρίσκονταν σε πλοία, [π.χ., DeMott και Rutledge, 1998], καθώς και εναέρια [Geerts et al., 2000]. Αυτές οι παρατηρήσεις περιορίζονταν σε τοπικές γεωγραφικές περιοχές για την μελέτη μεμονωμένων συστημάτων νεφών, και δεν ήταν σε θέση να προσφέρουν παρατηρήσεις σε παγκόσμια κλίμακα. Από το καιρό που ξεκίνησε την λειτουργία του το ραντάρ βροχόπτωσης του δορυφόρου TRMM παρουσιάστηκαν παρατηρήσεις της τρισδιάστατης δομής των καταιγιδοφόρων νεφών σε παγκόσμια κλίμακα οι οποίες ήταν ακριβείς παρατηρήσεις, και έγινε κατορθωτό να τεκμηριωθεί ευρέως η κάθετη δομή της συναγωγής των νεφών, σε πάρα πολλές μελέτες [Cecil et al., 2002; Kelley and Stout, 2004].

2.7.2.1 Σημαντικότητα δορυφόρου TRMM

Ο δορυφόρος TRMM (εικόνα 2.4), είχε ως σκοπό την μελέτη των βροχοπτώσεων για έρευνα του καιρού και του κλίματος. Αυτός ο δορυφόρος συμμετείχε στην αποστολή της μέτρησης της τροπικής βροχής (Tropical Rainfall Measuring Mission – TRMM) η οποία πραγματοποιήθηκε από την NASA και την Ιαπωνική Υπηρεσία Εξερεύνησης του Διαστήματος (Japan Aerospace Exploration – JAXA). Παρόλο που σχεδιάστηκε έχοντας ως χρόνο ζωής τα τρία χρόνια ο δορυφόρος TRMM τελείωσε την συλλογή δεδομένων τον Απρίλιο του 2015, έχοντας παράξει πολύτιμα επιστημονικά δεδομένα άνω των δεκαεφτά χρόνων. Η αξιοποίηση των συγκεκριμένων δεδομένων έχει οδηγήσει σε έρευνες που βελτίωσαν την κατανόηση μας στην δομή και εξέλιξη των τροπικών κυκλώνων, στις ιδιότητες των νεφικών συστημάτων κατακόρυφης ανάπτυξης, στις ηλεκτρικές εκκενώσεις, στα μοντέλα καιρού και κλίματος, και, στις ανθρώπινες επεμβάσεις στην βροχόπτωση. Τα δεδομένα επιπλέον υποστήριζαν επιπλέον εφαρμογές όπως παρακολούθηση πλημμυρών και ξηρασίας, και πρόγνωση του καιρού (NASA, 2016a).

Ο δορυφόρος TRMM ήταν επικεντρωμένος στην μελέτη τροπικών και υποτροπικών βροχοπτώσεων, δηλαδή, στα ατμοσφαιρικά υδατικά κατακρημνίσματα που πέφτουν 35 μοίρες βόρεια και 35 μοίρες νότια του ισημερινού. Η τροπική βροχόπτωση περιλαμβάνει περισσότερα από τα δύο-τρίτα της παγκόσμιας βροχής (NASA, χ.η.).



Εικόνα 2.4: Ο δορυφόρος TRMM με τα όργανα που φέρει. Με γαλάζιο χρώμα είναι τα πρωτεύοντα όργανα (TMI, VIRS και PR) και με πορτοκαλί τα δευτερεύοντα –συννοδά όργανα (LIS και CERES).

2.7.2.2. Όργανα του δορυφόρου TRMM

Ο δορυφόρος TRMM κουβαλούσε πέντε όργανα. Τα πρωτεύοντα όργανα μέτρησης της βροχόπτωσης ήταν το ραντάρ βροχόπτωσης (Precipitation Radar – PR), το ραδιόμετρο μέτρησης του ορατού υπέρυθρου (Visible Infrared Radiometer – VIRS) το μικροκυματικό σύστημα απεικόνισης (TRMM Microwave Imager – TMI). Επιπλέον έφερε και δύο άλλα σχετικά όργανα που ήταν ο αισθητήρας απεικόνισης αστραπών (Lightning Imaging Sensor – LIS) και ένα όργανο μέτρησης της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας από τα νέφη και την γη (Clouds and the Earth's Radiant Energy System Instrument - CERES). Όλα αυτά τα όργανα μπορούσαν να λειτουργούν μεμονωμένα ή σε συνδυασμό μεταξύ τους.

- **Ραντάρ βροχόπτωσης (Precipitation Radar – PR)**

Το ραντάρ της βροχόπτωσης δημιουργήθηκε από την JAXA ως μέρος της συνεισφοράς της στην κοινή αποστολή με την Αμερική για τον δορυφόρο TRMM. Αυτό το ραντάρ ήταν το πρώτο διαστημικό όργανο που σχεδιάστηκε να παράγει τρισδιάστατους χάρτες με την δομή των καταιγίδων. Αυτές οι μετρήσεις έδωσαν πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την ένταση και την κατανομή της βροχής, για τον τύπο της βροχής, στο βάθος της καταιγίδας, και για το ύψος στο οποίο το χιόνι λιώνει και γίνεται βροχή. Οι εκτιμήσεις της θερμοκρασίας που εκλύεται στην ατμόσφαιρα σε διαφορετικά ύψη βασισμένα σε αυτές τις μετρήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο να βελτιώσουν μοντέλα της παγκόσμιας ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας (Braun, 2011).

Το ραντάρ βροχόπτωσης έχει οριζόντια ανάλυση στο έδαφος περίπου πέντε χιλιομέτρων (3,1 μίλια) και πλάτος λωρίδας 247 χιλιομέτρων (154 μίλια). Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του είναι η ικανότητα του να παρέχει κατακόρυφο προφίλ της βροχόπτωσης και του χιονιού από την επιφάνεια μέχρι το ύψος των 20 χιλιομέτρων (12 μίλια). Το ραντάρ βροχόπτωσης είναι ικανό να ανιχνεύει ελαφρύ ποσοστό βροχόπτωσης

της τάξης των 0,7 μιλιμέτρων την ώρα (0,27 ίντσες). Σε έντονους ρυθμούς βροχόπτωσης οι επιπτώσεις στην εξασθένηση του ραντάρ μπορεί να είναι μεγάλες. Νέες μέθοδοι επεξεργασίας δεδομένων έχουν αναπτυχθεί που μπορεί να διορθώσουν αυτές τις επιπτώσεις. Το ραντάρ βροχόπτωσης είναι ικανό να διαχωρίσει την ηχώ της βροχής για κάθετα μεγέθη για περίπου 250 μέτρα (820 πόδια) ενώ κοιτάζει απευθείας κάτω. Παράλληλα, διενεργεί όλες αυτές τις μετρήσεις ενώ χρησιμοποιεί μόνο 224 watts ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή όση ενέργεια χρειάζονται μερικές λάμπες σε ένα νοικοκυριό (Braun, 2011).

Μεταξύ των κύριων οργάνων του δορυφόρου το ραντάρ βροχόπτωσης είναι το πιο καινοτόμο από όλα. Στο διάστημα, στο παρελθόν έχουν ξαναχρησιμοποιηθεί παρόμοια όργανα με το Ραδιόμετρο μέτρησης του ορατού υπέρυθρου (VIRS) και το Μικροκυματικό σύστημα απεικόνισης (TMI). Παρόλο που στην γη ραντάρ μέτρησης της βροχόπτωσης χρησιμοποιούνταν από τον καιρό του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου εντούτοις στο διάστημα δεν χρησιμοποιήθηκε ποτέ ξανά. Αυτό συνέβαινε λόγω κάποιων τεχνικών δυσκολιών που στην κατασκευή του ραντάρ βροχόπτωσης προσπάθησαν να νικήσουν. Πρώτο από αυτές ήταν να βεβαιωθούν πως το διαστημικό ραντάρ έχει αρκετή ισχύ ώστε να ανιχνεύσει την αδύναμη επιστροφή της ηχώ από τις σταγόνες της βροχής όπως ανιχνεύεται από το ύψος της τροχιάς των 402 χιλιομέτρων (250 μίλια) πάνω από την γη. Δεύτερη δυσκολία ήταν να συγκεντρώσουν υψηλής ανάλυσης τρισδιάστατους χάρτες της βροχής κατά την διάρκεια της σύντομης χρονικής διάρκειας που ο δορυφόρος συναντά τις τοπικές καταιγίδες. Για να ανταποκριθεί με αυτές τις απαιτήσεις το Ερευνητικό Εργαστήριο Επικοινωνιών της Ιαπωνίας επέλεξε ένα ραντάρ συχνοτήτων περίπου τρεις φορές μεγαλύτερο από ένα τυπικό επίγειο ραντάρ. Παρόλο που υπάρχουν περιορισμοί σχετικά με το μέγεθος των αντενών στο διάστημα, η χρήση ενός ραντάρ ψηλότερων συχνοτήτων παρέχει καλή ανάλυση και ψηλή ποιότητα εικόνων των καταιγίδων. Χρησιμοποιήθηκαν μια διάταξη αντένας ενεργής φάσης και εξελιγμένες τεχνικές κατεύθυνσης του σήματος για να σκανάρεται το σήμα ηλεκτρονικά και άμεσα, ενώ διασφαλίζεται πως οι εκπεμπόμενοι και ληφθέντες παλμοί του ραντάρ συγχρονίζονται.

- **Ραδιόμετρο μέτρησης του ορατού υπέρυθρου (Visible Infrared Radiometer – VIRS)**

Το ραδιόμετρο VIRS είναι ένα από τα πρωτεύοντα όργανα του δορυφόρου TRMM. Αυτό το ραδιόμετρο ανιχνεύει την ακτινοβολία που έρχεται από την γη σε πέντε φασματικές περιοχές, που κυμαίνονται από το ορατό στο υπέρυθρο, από τα 0,63 μέχρι τα 12 μικρόμετρα. Συγκεκριμένα το ραδιόμετρο λειτουργεί στα 0.63, 1.6, 3.75, 10.8 και 12 μικρόμετρα παρέχοντας έτσι πέντε κανάλια που έχουν υψηλής ανάλυσης παρατηρήσεις για την κάλυψη των νεφών, των τύπων των νεφών, και τις θερμοκρασίες στις κορυφές των νεφών. Το ραδιόμετρο χρησιμοποιεί ένα περιστρεφόμενο καθρέφτη για να σαρώσει το ίχνος του παρατηρητήριου του δορυφόρου και έτσι καταλήγει να σαρώνει μια περιοχή πλάτους 833 χιλιομέτρων καθώς το παρατηρητήριο προχωράει στην τροχιά του. Κοιτάζοντας απευθείας κάτω το ραδιόμετρο VIRS μπορεί να ξεχωρίσει μεμονωμένα χαρακτηριστικά των νεφών τα οποία να είναι μικρά μέχρι τα 2,4 χιλιόμετρα (Braun, 2011).

Το ραδιόμετρο VIRS περιλαμβάνεται στο πρωτογενές πακέτο οργάνων για δύο λόγους. Ο πρώτος λόγος είναι η ικανότητα του να οριοθετεί την βροχόπτωση. Ο δεύτερος λόγος είναι να χρησιμεύει ως πρότυπο μεταφοράς σε άλλες μετρήσεις που γίνονται συνήθως χρησιμοποιώντας πολική τροχιά περιβαλλοντικούς μετεωρολογικούς δορυφόρους (Polar Orbiting Environmental Satellites- POES), και σε αυτές που γίνονται χρησιμοποιώντας Γεωστατικούς Επιχειρησιακούς Περιβαλλοντικούς Δορυφόρους (Geostationary Operational Environmental Satellites - GOES) οι οποίοι χρησιμοποιούνται από τις ΗΠΑ ή και από άλλες χώρες. Η ένταση της ακτινοβολίας στις διάφορες φασματικές περιοχές – κανάλια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσδιοριστεί η φωτεινότητα στο ορατό και εγγύς υπέρυθρο ή η θερμοκρασία του υπέρυθρου της πηγής (Braun, 2011).

Έτσι αν ο ουρανός είναι καθαρός η θερμοκρασία θα αντιστοιχεί με αυτή της επιφάνειας της γης, ενώ αν υπάρχουν νέφη η θερμοκρασία θα είναι αυτή των κορυφών των σύννεφων. Χαμηλότερες θερμοκρασίες θα παράγουν μεγάλες εντάσεις στα κανάλια με τα χαμηλότερα μήκη κύματος, ενώ ψηλότερες θερμοκρασίες θα παράξουν εντάσεις στα κανάλια μεγάλων μήκων κύματος. Αφού τα πιο ψυχρά νέφη βρίσκονται σε πιο μεγάλα ύψη, οι μετρούμενες θερμοκρασίες μπορούν να χρησιμεύσουν ως δείκτες για το ύψος

των νεφών. Επίσης τα ψηλότερα νέφη μπορούν να συσχετιστούν με την παρουσία βροχής (Braun, 2011).

Υπάρχουν πολλές τεχνικές από τις οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι εικόνες του υπέρυθρου για την εκτίμηση της βροχόπτωσης. Οι ψηλές κορυφές των νεφών συσχετίζονται θετικά με την βροχόπτωση για νέφη συναγωγής και γενικά με τις καταιγίδες που κυριαρχούν στην τροπική και άρα και στην παγκόσμια βροχόπτωση. Μια σημαντική εξαίρεση είναι τα ψηλά νέφη cirrus τα οποία γενικά παράγονται στο στάδιο εξασθένησης μιας καταιγίδας. Αυτά τα νέφη είναι ψηλά και κρύα στις υπέρυθρες παρατηρήσεις αλλά δεν παράγουν βροχή. Για να διαφοροποιούνται τα νέφη cirrus από τα νέφη βροχής ή αλλιώς όπως αναφέρθηκε τους σωρειτομελανίες (cumulonimbus), μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια τεχνική η οποία περιλαμβάνει την σύγκριση των δύο καναλιών των 10,8 και 12 μικρομέτρων. Να σημειωθεί πως οι υπέρυθρες τεχνικές συνήθως έχουν σημαντικά σφάλματα για στιγμιαίες εκτιμήσεις βροχοπτώσεων (Braun, 2011).

- **Μικροκυματικό σύστημα απεικόνισης (TRMM Microwave Imager – TMI)**

Το σύστημα απεικόνισης μικροκυμάτων του TRMM είναι ένα σχετικά μικρό όργανο που καταναλώνει λίγη ενέργεια. Ένας παθητικός αισθητήρας που σχεδιάστηκε να παρέχει ποσοτικές πληροφορίες βροχόπτωσης πάνω από μια μεγάλη λωρίδα κάτω από τον δορυφόρο. Ο δορυφόρος μετρώντας την ενέργεια μικροκυμάτων που εκπέμπει η γη και η ατμόσφαιρα της κάθε λεπτό, μπορεί να προσδιορίσει τους υδρατμούς, το νερό των νεφών, και την ένταση των βροχοπτώσεων στην ατμόσφαιρα. Λειτουργούσε σε πέντε συχνότητες: στα 10.65, 19.35, 37.0, 85.5 GHz στην διπλή πόλωση και στα 22.35 GHz στην μονή πόλωση.

2.7.3. Δορυφόροι METEOSAT Δεύτερης Γενιάς (MSG)

Οι δορυφόροι METEOSAT ανήκουν στον Ευρωπαϊκό οργανισμό εκμετάλλευσης μετεωρολογικών δορυφόρων Eumetsat (European Organisation for the Exploitation of

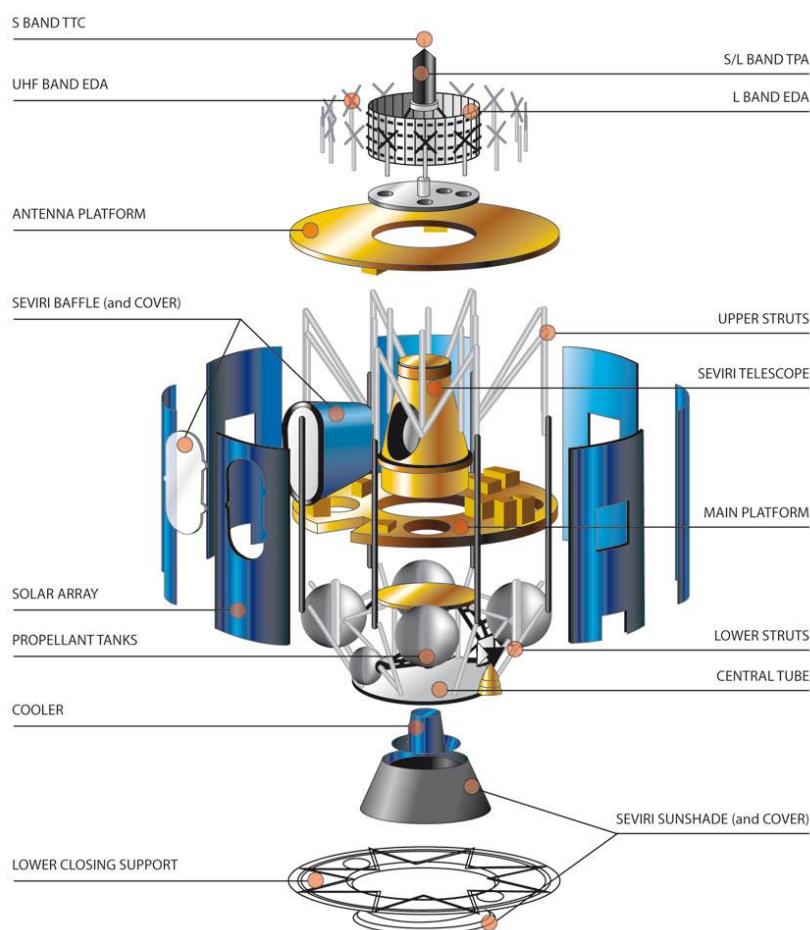
Meteorological Satellites) στον οποίο συμμετέχουν 30 χώρες στην πλειοψηφία κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο οργανισμός αυτός έχει επί του παρόντος δύο γενιές δορυφόρων Meteosat, αυτούς της πρώτης γενιάς (Meteosat First Generation – MFG) που είναι οι δορυφόροι Meteosat-1,-2,-3,-4,-5,-6, και τους Meteosat Δεύτερης Γενιάς (Meteosat Second Generation – MSG) που είναι οι δορυφόροι Meteosat -7,-8,-9,-10,-11. Αυτοί οι δορυφόροι παρέχουν εικόνες ολόκληρου του γήινου δίσκου, και δεδομένα για πρόβλεψη του καιρού. Έτσι δεν υπάρχει περίπτωση να μείνει μη ανιχνεύσιμη ούτε μια τροπική καταιγίδα ή σύστημα κακοκαιρίας. Η έγκαιρη ανίχνευση και οι προειδοποιήσεις που παρέχουν έχουν σώσει χιλιάδες ζωές.

Τα δεδομένα των δορυφόρων Meteosat έχουν μοναδική αξία άμεσης πρόβλεψης καιρού υψηλών επιπτώσεων για την προστασία της ζωής και των κατοικιών. Επίσης βοηθούν στην βελτίωση της πρόβλεψης του καιρού και των σοβαρών προειδοποιήσεων του καιρού, που αυτό συντείνει στο περιορισμό των ζημιών σε περιουσίες και επωφελεί το εμπόριο όπως τις μεταφορές, την γεωργία και την ενέργεια.

Οι δορυφόροι Meteosat-7,-8,-9 και -10 βρίσκονται σε γεωστατική τροχιά 36,000 km πάνω από τον Ισημερινό και λειτουργού πάνω από την Ευρώπη και την Αφρική. Ο δορυφόρος Meteosat-10 ξεκίνησε από το διαστημικό κέντρο στο Κουρού της Γουιάνας το 2012, και είναι ο κύριος γεωστατικός δορυφόρος που βρίσκεται σε λειτουργία. Είναι τοποθετημένος στις μηδέν μοίρες και παρέχει εικόνες πλήρους δίσκου κάθε 15 λεπτά. Ο δορυφόρος Meteosat-9, ξεκίνησε το 2005 και παρέχει υπηρεσία ταχείας σάρωσης, παρέχοντας πιο συχνές εικόνες κάθε πέντε λεπτών πάνω από κομμάτια της Ευρώπης, της Αφρικής και των γειτονικών θαλασσών. Ο δορυφόρος Meteosat-8 ξεκίνησε το 2002 και χρησιμοποιείται ως back up στους δορυφόρους Meteosat-9 και -10. Ο δορυφόρος Meteosat-7 που ξεκίνησε το 1997, είναι ο πρώτος δορυφόρος της δεύτερης γενιάς δορυφόρων Meteosat. Λειτουργεί πάνω από τον Ινδικό Ωκεανό γεμίζοντας κενό δεδομένων πάνω από την περιοχή μέχρι να φύγει από την τροχιά του το 2017. Τέλος ο δορυφόρος Ο δορυφόρος Meteosat-11, ξεκίνησε στις 15 Ιουλίου 2015 και θα αποθηκευτεί σε τροχιά μέχρι να χρειαστεί.

Το σώμα των δορυφόρων MSG (εικόνα 2.5) έχει κυλινδρικό σχήμα ηλιακού τυμπάνου, διαμέτρου 3,2 μέτρων και ύψους 2,4 μέτρων. Ο ίδιος ο δορυφόρος είναι χτισμένος γύρω από τρία υποσυστήματα. Το περιστροφικό σύστημα απεικόνισης το οποίο είναι ενισχυμένο στο ορατό και στο υπέρυθρο (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager (SEVIRI) το οποίο βρίσκεται στο κεντρικό διαμέρισμα, το ραδιόμετρο σάρωσης GERB το

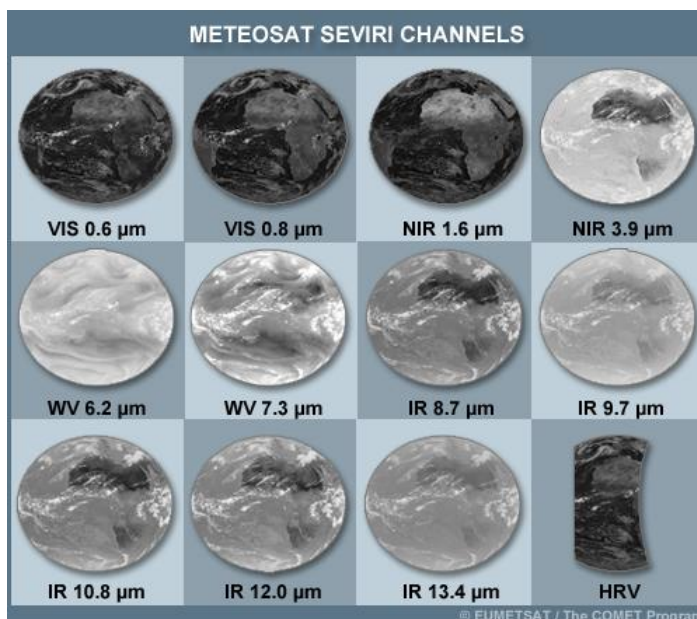
οποίο βρίσκεται στο κεντρικό διαμέρισμα, και το φορτίο επικοινωνιών της αποστολής που περιλαμβάνει αντένες και αναμεταδότες στο άνω διαμέρισμα. Επίσης υπάρχουν και υποσυστήματα στο κάτω μέρος της πλατφόρμας.



Εικόνα 2.5: Απεικονίζεται ο δορυφόρος M-Meteosat και τα όργανα που τον αποτελούν. Χαρακτηριστικό του το κυλινδρικό σχήμα του κυρίως κορμού του.

Το φορτίο του MSG είναι σχεδιασμένο σύμφωνα με τους στόχους της αποστολής για να ολοκληρώνονται οι ακόλουθες λειτουργίες: Μόνιμη ορατή και υπέρυθρη απεικόνιση του δίσκου της γης, με ένα βασικό κύκλο επαναλήψεων των 15 λεπτών, υψηλή ανάλυση ορατού φάσματος του μισού δίσκου της γης, μετάδοση αρχικών δεδομένων και άλλων πληροφοριών από τον δορυφόρο στον σταθμό εδάφους και Γεωστατική Έρευνα και Διάσωση (Eumetsat, 2016).

Το σύστημα απεικόνισης SEVIRI είναι ένα πολυφασματικό ραδιόμετρο το οποίο απεικονίζει την φυσική γήινη επιφάνεια με έμφαση την Ευρώπη και την Βόρεια Αφρική. Συγκεκριμένα το SEVIRI καταγράφει την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στα κανάλια 1-12. Κάθε ένα από αυτά λειτουργεί σε διαφορετικά μήκη κύματος και έτσι απεικονίζει διαφορετικές φυσικές διεργασίες (εικόνα 2.6)



Εικόνα 2.6: Η απεικόνιση της γης που λαμβάνεται από το δορυφόρο Meteosat για κάθε ένα από τα φασματικά κανάλια, 1-12. Το κανάλι ένα απεικονίζεται στην πρώτη αριστερή εικόνα, στην δεξιά της εικόνα είναι το κανάλι 2 κ.ο.κ. (University Corporation for Atmospheric Research, 2010).

Τα κανάλια 1,2,3 (στα 0,6μm, 0,8μm, 1,6μm) είναι ηλιακά κανάλια αφού ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία. Εδώ η ατμόσφαιρα είναι σχετικά διαφανές στην ηλιακή ακτινοβολία, και έτσι παρέχει καλή θέαση των επιφανειακών χαρακτηριστικών.

- Τα κανάλια 1 και 2 χρησιμοποιούνται στην ανίχνευση και παρακολούθηση των νεφών, στα αεροζόλ, και παρακολούθηση της βλάστησης.
- Το κανάλι 3 ξεχωρίζει τα χιόνια από τα νέφη, τα νέφη που έχουν πάχος με αυτά που έχουν νερό και παρέχει πληροφορίες για τα αεροζόλ (University Corporation for Atmospheric Research, 2010).

- Το κανάλι 4 (3,9 μm) είναι κανάλι του κοντινού υπέρυθρου το οποίο κατά τη διάρκεια της μέρας ανακλά την ηλιακή ενέργεια, και έχει ικανότητα να ανιχνεύει τις φωτιές και την ομίχλη. Κατά το περισσότερο μέρος του λειτουργεί σαν κανάλι μακρινού υπέρυθρου, το οποίο μετρά την ακτινοβολία της γης και της ατμόσφαιρας (Schmetz et al.,2002).

Τα κανάλια 5 μέχρι 11 είναι κανάλια του μακρινού υπέρυθρου και κατηγοριοποιούνται στην πλειοψηφία τους διαφορετικά.

- Τα πρώτα δύο κανάλια, δηλαδή τα κανάλια 5 (6,2 μm) και 6 (7,3 μm) έχουν ευαισθησία στους υδρατμούς της ατμόσφαιρας (University Corporation for Atmospheric Research, 2010).
- Τα κανάλια 7(8,7 μm), 9 (10,8 μm) και 10 (12,0 μm) «βλέπουν» τα χαμηλά νέφη και τα στοιχεία υγρασίας. Επίσης μετρούν την επιφανειακή και γήινη επιφάνεια, και τις θερμοκρασίες των κορυφών των νεφών (Schmetz et al.,2002).
- Το κανάλι 8 (9,7 μm) εντοπίζει την παρουσία του όζοντος, και το 11(13,4 μm) του διοξειδίου του άνθρακα.
- Τέλος το κανάλι 12 είναι υψηλής ανάλυσης ορατό κανάλι με 1km χωρική ανάλυση και το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για λεπτομερείς παρατηρήσεις σε ειδικές περιοχές ενδιαφέροντος (University Corporation for Atmospheric Research, 2010).

2.8. Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών

Είναι αδύνατον να δουλέψει κάποιος με χάρτες και γεωγραφικά δεδομένα χωρίς να γνωρίζει το όρο «συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών» (ΣΓΠ –GIS). Ο όρος GIS όμως δεν είναι καινούριος στην βιβλιογραφία. Αρχικά δημιουργήθηκαν το 1960 αλλά μόλις μέχρι την αρχή του 1980 το κοινό έδειξε ενδιαφέρον για αυτά λόγω του ενδιαφέροντος των ανθρώπων για την υψηλή τεχνολογία, αλλά, και λόγω της μείωσης του κόστους του εξοπλισμού των υπολογιστών. Έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για να οριστεί το ΣΓΠ και να ξεχωριστεί από σχετικές τεχνολογίες αλλά το μεγαλύτερο χαρακτηριστικό στοιχείο

του ΣΓΠ είναι αυτό της γεωγραφίας. Το κάθε σημείο ή ψηφιακό αντικείμενο σ' ένα ΣΓΠ έχει μια προσδιορισμένη γεωγραφική τοποθεσία (Goodchild, 1991). Ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών είναι ένα σύστημα που είναι σχεδιασμένο να συλλέγει, χειρίζεται αποθηκεύει, αναλύει, διαχειρίζεται και να παρουσιάζει όλων των τύπων γεωγραφικών ή χωρικών δεδομένων (Foote and Lynch, nd).

Τα δεδομένα που απεικονίζονται στα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών είναι πραγματικά αντικείμενα όπως σπίτια, δέντρα, χρήσεις γης, και τα ψηφιακά στοιχεία προσδιορίζουν το μίγμα. Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες οι οποίες είναι τα διακριτά αντικείμενα για παράδειγμα ένας δρόμος και συνεχή πεδία όπως ποσοστά βροχόπτωσης. Παραδοσιακά υπάρχουν δύο τρόποι να αποθηκευτούν αρχεία σ'ένα ΣΓΠ εικόνες ράστερ (πλεγματικά δεδομένα) ή vector (διανυσματικά δεδομένα). Χωρικά δεδομένα σ'ένα ΣΓΠ μπορούν να δοθούν και από την δορυφορική τηλεπισκόπηση.

Ο τύπος δεδομένων ράστερ είναι κάθε είδους ψηφιακή εικόνα που αντιπροσωπεύεται από πλέγμα. Είναι εύκολο να αναγνωριστεί καθώς θυμίζει τις ψηφιακές εικόνες της φωτογραφικής μηχανής. Αποτελείται από συνδυασμό εικονοστοιχείων (pixels) τα οποία απαρτίζουν μια έγχρωμη εικόνα όπως διακρίνονται. Συνήθης μορφή δεδομένων ράστερ είναι οι αεροφωτογραφίες, ή άλλα σετ που παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την κλίση, συγκεκριμένα μήκη κύματος φως, δορυφορικές εικόνες ή άλλους δείκτες ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Τα αρχεία ράστερ μπορούν αποθηκευτούν σε διάφορους σχηματισμούς για παράδειγμα TIFF, JPEG.

Από την άλλη τα αρχεία vector χαρακτηρίζονται από γεωμετρικά σχήματα : σημεία, γραμμές, πολύγωνα. Για παράδειγμα σε ένα χάρτη μπορεί να τοποθετηθούν σημεία για τα πηγάδια, γραμμές για τους ποταμούς ή τους δρόμους, και πολύγωνο για τις λίμνες (Maliene, Grigonis, Palevičius, Griffiths, 2011)

Μέσω των ΣΓΠ ένας μελετητής μπορεί να δώσει τιμές σε σημεία όπου κανονικά δεν υπάρχουν μέσω της εντολής «Interpolation». Υπάρχουν πολλά φαινόμενα που μπορούν να μετρηθούν και να εμπλακούν στην χωρική ανάλυση. Μεταξύ άλλων είναι η βροχόπτωση, η θερμοκρασία, οι παράμετροι του εδάφους κλπ. Με την εντολή αυτή γίνεται δυνατόν να μετρηθεί τιμή σε σημεία της σφαίρας που δεν έχουμε μετρήσεις. Για παράδειγμα αν χρειάζεται να δοθούν τιμές σε κανονικό πλέγμα αλλά οι μετρούμενες δεδομένες τιμές είναι διάσπαρτες, είναι δυνατόν μέσω της εντολής «interpolation» να δοθούν τιμές στις ζητούμενες εκείνες τιμές του πλέγματος που απουσιάζουν. Το

πρόβλημα με αυτήν την διαδικασία είναι ότι απεικονίζει χαρακτηριστικά που δεν είναι πολύ ακριβή (Sarkozy, 1994).

2.9. Στατιστική

Η Στατιστική ξεκίνησε σαν μαθηματική μέθοδος αλλά σήμερα αναγνωρίζεται σαν επιστήμη που χρησιμοποιώντας εμπειρικά δεδομένα παρατήρησης επιχειρεί να εξάγει έγκυρη γνώση. Έχοντας ως στόχο την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για λήψη ορθών αποφάσεων συλλέγει, ταξινομεί, επεξεργάζεται, αναλύει και παρουσιάζει διάφορα δεδομένα. Έχει ευρύ πεδίο εφαρμογών. Χωρίζεται στην Περιγραφική στατιστική όπου τα διάφορα στατιστικά στοιχεία περιγράφονται υπό μορφή ανάλυση σε πίνακες και διαγράμματα, και στην αναλυτική στατιστική, όπου, αναζητείται ο βαθμός εμπιστοσύνης στην εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων (Beth , Allan, 2005).

2.10. Μεσόγειος

Οι χώρες γύρω από την λεκάνη της Μεσογείου λόγω ανεπαρκών πολιτικών διαχείρισης και φτωχής ικανότητας πρόβλεψης υδρομετεωρολογικών και κλιματικών κινδύνων αντιμετωπίζουν προβλήματα νερού, όπως λειψυδρίες αλλά και πλημμύρες. Η λεκάνη της Μεσογείου λόγω φυσιογραφικών και κλιματικών συνθηκών έχει ξεχωριστό χαρακτήρα. Λόγω των γεωγραφικών πλατών που καλύπτουν την λεκάνη αυτή, είναι μια περιοχή μετάβασης κάτω από την επίδραση της μεταβλητότητας των μεσαίων πλατών και των τροπικών κλιμάτων που οφείλονται στην Βόρεια Ατλαντική Ταλάντωση (North Atlantic Oscillation –NAO), (Luterbacher et al. 2006) αλλά και σε άλλα πρότυπα τηλεσύνδεσης μεσαίων πλατών (teleconnection patterns) όπως την ταλάντωση Ελ Νίνιο (El Nino – Southern Oscillation –ENSO) (Rodwell and Hoskins 1996). Οι Hatzaki, Flocas, Giannakopoulos, Maheras (2008) στην μελέτη τους έδειξαν ότι το πρότυπο Μεσογειακής τηλεσύνδεσης επηρεάζει τα πρότυπα των μέσων χειμώνων με τις θερμοκρασίες και τις βροχοπτώσεις έχοντας αντίθετη επιρροή. Συγκεκριμένα θετική τηλεσύνδεση συνδέεται με μείωση της θερμοκρασίας και αύξηση των βροχοπτώσεων, ενώ το αντίθετο συμβαίνει κατά την αρνητική φάση της Μεσογειακής τηλεσύνδεσης.

Όσο αφορά την Βόρεια Ατλαντική Ταλάντωση, αυτή είναι ένα κλιματικό φαινόμενο στο οποίο υπάρχει ανακατανομή στην διαφορά της ατμοσφαιρικής πίεσης μεταξύ της ζώνης μιας ομάδας νησιών της Πορτογαλίας που ονομάζονται Αζόρες και έχουν υποτροπική ατμοσφαιρική ζώνη και ψηλή πίεση, και της Ισλανδίας της Αρκτικής που έχει χαμηλή ατμοσφαιρική πίεση. Όταν υπάρχει μεγάλη διαφορά ατμοσφαιρικής πίεσης μεταξύ Αζόρων και Ισλανδίας υπάρχει ψηλό (θετικό) NAO με έντονους δυτικούς ανέμους, που μεταφέρουν θερμότητα και υγρασία από τον Ατλαντικό Ωκεανό στην Ευρωπαϊκή Ήπειρο προκαλώντας καταιγίδες και συχνές βροχοπτώσεις στην Βόρεια Ευρώπη, μείωση της θερμοκρασίας στην Νότια Αφρική και Μέση Ανατολή και ξηρά κλίματα στην Κεντρική και Νότια Ευρώπη και την περιοχή της Μεσογείου και Μέση Ανατολή. Αντίθετα αρνητικό NAO είναι η μειωμένη διαφορά πίεσης μεταξύ Αζόρων και Ισλανδίας, μειωμένοι δυτικοί άνεμοι που προκαλούν λιγότερες καταιγίδες το χειμώνα και καύσωνες το καλοκαίρι. Οι καταιγίδες αυτές έχουν κατεύθυνση προς την Μεσόγειο θάλασσα και έτσι παρατηρούνται βροχοπτώσεις και ζεστές συνθήκες στην Νότια Ευρώπη και Βόρεια Αφρική (Feidas, Makrogiannis, et Bora-Senta, 2004). Οι διακυμάνσεις του NAO είναι εντονότερες κατά τους μήνες Νοέμβριο με Απρίλιο, ενώ κατά τους υπόλοιπους μήνες κυριαρχούν οι υποτροπικοί αντικυκλώνες.

Επιπρόσθετα με τις αναφερόμενες επιδράσεις στην μεταβλητότητα η γεωγραφία της λεκάνης της Μεσογείου παίζει καθοριστικό ρόλο στην ροή του αέρα. Η λεκάνη περιέχει μια σχεδόν κλειστή θάλασσα η οποία έχει ψηλή επιφανειακή θερμοκρασία θάλασσας κατά την διάρκεια του καλοκαιριού και του φθινοπώρου. Επίσης περιβάλλεται από βουνά απ'όπου προέρχονται πολλά ποτάμια και αυτό έχει μεγάλη συμμετοχή στον καθορισμό της διεύθυνσης του αέρα. Η Μεσόγειος, όντως ένα υδάτινο σώμα, είναι πηγή υγρασίας και θερμότητας για την ατμόσφαιρα μέσω θαλάσσιων αέριων ροών, με αποτέλεσμα ενεργητικά χαρακτηριστικά μεσαίας κλίμακας να είναι παρών στην ατμοσφαιρική κυκλοφορία τα οποία μπορούν να εξελιχτούν σε έντονα καιρικά φαινόμενα, όπως είναι τα βαριά κατακρημνίσματα και οι πλημμύρες (Tarolli, Borga, Morin, and Delrieu. 2012; Reale and Lionello 2013) κυκλογενέσεις και ανεμοθύελλες (Lionello et al. 2012b) ή καύσωνες και ξηρασίες.

Παρόλο που υπάρχει έντονο το ενδιαφέρον πρόβλεψης τέτοιων ακραίων καιρικών φαινομένων η ικανότητα πρόβλεψης της εξέλιξης τους και των συνεπειών που θα έχουν στο παρών κλίμα είναι χαμηλή. Αυτό συμβαίνει λόγω της συνεισφοράς σε αυτά τα φαινόμενα λεπτών διεργασιών που έχουν μη γραμμικές επιδράσεις με μεγάλης κλίμακας

διαδικασίες που έχουν και αυτές επιδράσεις με ωκεάνιες, ατμοσφαιρικές, και υδρολογικές διαδικασίες. Για παράδειγμα υπάρχει μεγάλη χωροχρονική αβεβαιότητα στην ποσοτικοποίηση του νερού της Μεσογείου, που έτσι μειώνει την ικανότητα καθορισμού της επίδρασης του στην μεταβλητότητα της βροχόπτωσης των ηπειρών και αναγνωρισμού των διαδικασιών που ελέγχουν την εξέλιξη του Μεσογειακού κλίματος. Αναφορικά με τις ακραίες βροχοπτώσεις υπάρχει ακόμη πρόοδος που πρέπει να γίνει για να γίνουν κατανοητοί οι μηχανισμοί να υπάρχει ένα σύστημα βροχόπτωσης σε ένα τόπο (Drobinski et al. 2014).

2.11. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Στην εργασία του Inoue (2000) χρησιμοποιούνται δεδομένα από τον δορυφόρο TRMM για μελέτη της σχέσης της πληροφορίας που λαμβάνεται από τα νέφη και της βροχόπτωσης. Λαμβάνονται πληροφορίες για τα νέφη από το παράθυρο των 3,7 μικρομέτρων του υπέρυθρου φάσματος και από δύο ορατά κανάλια από τον αισθητήρα VIRS του δορυφόρου και συγκρίνονται με τις πληροφορίες βροχόπτωσης από τα ραντάρ βροχόπτωσης PR και TMI του δορυφόρου. Τα αποτελέσματα που παίρνει είναι πως τα οπτικά πυκνά νέφη όπως ταξινομούνται από το οπτικό παράθυρο, αντιστοιχούν λογικά στις βροχοπτώσεις των PR και TMI. Επίσης η μικρότερη διαφορά θερμοκρασίας φωτεινότητας (BTD) μεταξύ των μπαντών 3,7-11 μικρομέτρων δείχνει καλύτερη αντιστοιχία στον πυρήνα της συναγωγής παρά από το οπτικό παράθυρο BTD. Ο λόγος ακτινοβολίας πλήρης εικόνας (κανάλι 1 / κανάλι 2) δείχνει επίσης καλή αντιστοιχία με την περιοχή βροχής των PR και TMI.

Σε άλλη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα βροχόπτωσης συναγωγής και στρωμάτων νεφών από τον δορυφόρο TRMM και συνοπτικές παρατηρήσεις νεφών, και, συνθέσεις σταθερών ισοτόπων και συνθέσεων τρίτιου επιφανειακής βροχόπτωσης τα οποία προήλθαν από ένα παγκόσμιο δίκτυο για να δείξουν πως οι αναλογίες των ισοτόπων αντανακλούν στον τύπο των βροχών και έχουν αρνητική συσχέτιση με τα στρώματα των νεφών αλλά και ότι μπορούν να οδηγήσουν σε βελτιώσεις των υπάρχοντων κλιματικών μοντέλων (Aggarwal et.al., 2016). Επίσης στην μελέτη των Alcala and Dessler (2002) επιλέγεται το ραντάρ βροχόπτωσης του δορυφόρου TRMM ως το κατάλληλο μέσο μελέτης της συναγωγής που φέρουν τα μεγάλα σωματίδια σε υψόμετρα γύρω από το στρώμα της τροπικής τροπόπαυση. Αυτή η συναγωγή των σωματιδίων έχει

χαρακτηριστεί ως σημαντικό στην αφυδάτωση του αέρα που μπαίνει στην στρατόσφαιρα. Η παγκόσμια κατανομή της ανακλαστικότητας των κορυφών των ραντάρ στη ζώνη τροπικής τροπόπαυσης ακολουθεί την μορφή της ετήσιας αλλά και εποχιακής επιφανειακής βροχόπτωσης. Η συναγωγή λόγω των σωματιδίων είναι της τάξης του 5% της συνολικής βαθιάς συναγωγής, και το 1,5% της συνολικής βροχόπτωσης από την συναγωγή. Επίσης, φάνηκε πως η ηπειρωτική συναγωγή συνήθως επεκτείνεται σε ψηλότερα υψόμετρα απ'ότι η ωκεανική συναγωγή.

Στη μελέτη των Rosenberg κ.α (2008) φαίνεται πως μελετώντας την κάθετη εξέλιξη της δομής των νέων νεφών συναγωγής, μέσω δορυφορικών εικόνων που ανακτούν κάθετα προφίλ των θερμοκρασιών των κορυφών των νεφών και της ενεργής ακτίνας των σωματιδίων του συννέφου αποκαλύπτεται η προδιάθεση τους να γίνουν καταιγίδες που θα παράξουν ψηλές ποσότητες χαλαζιού και ανεμοστρόβιλων. Τα βαθιά νέφη που αποτελούνται από μικρές σταγόνες στα χαμηλότερα μέρη τους, και δροσερές βάσεις, είναι πιο πιθανό να παράξουν χαλάζι, γιατί αυτά τα νέφη παράγουν λίγη θερμή βροχή, και το μεγαλύτερο μέρος του συμπυκνώματος τους γίνεται παγωμένο νερό με σχετικά μικρές συγκεντρώσεις μικροσκοπικών κατακρημνισμάτων. Κάτω από αυτές τις συνθήκες παράγεται μεγάλη ποσότητα μαλακού χαλαζιού (graupel) και μικρή ποσότητα χαλαζιού, το οποίο όμως γίνεται μεγαλύτερο με μεγαλύτερες ανοδικές κάθετες ταχύτητες στα υπέρψυχα επίπεδα. Αυτό μπορεί να συναχθεί από το αυξημένο βάθος στην υπέρψυχη ζώνη νεφών όπως υποδεικνύεται από τις χαμηλές θερμοκρασίες πάγους. Αυτό επίσης εκδηλώνεται με την αύξηση του ύψους που είναι η αρχή της σημαντικής βροχόπτωσης. Ανεμοστροβολικές καταιγίδες που συχνά συνοδεύονται από μεγάλες ποσότητες χαλαζιού, χαρακτηρίζονται από τους παραμέτρους που δείχνουν τα μεγαλύτερα κάθετα και ανοδικά ρέματα αέρος στα υπέρψυχα επίπεδα.

Οι Melani κ.α (2013) ερευνήσαν την χωρική και εποχιακή διακύμανση των βαθιών συστημάτων συναγωγής που συνέβησαν στην λεκάνη της Μεσογείου για τα έτη 2007-2010, χρησιμοποιώντας δεδομένα γεωστατικών δορυφόρων Meteosat δεύτερης γενιάς, που χρησιμοποιήθηκαν από το Ευρωπαϊκό κέντρο μεσαίας πρόβλεψης καιρικών φαινομένων (ECMWF) και σοβαρά δελτία καιρού που καταγράφηκαν από την Ευρωπαϊκή Βάση Δεδομένων κακοκαιρίας (ESWD). Η έρευνα τους έδειξε ότι υπάρχουν ορισμένες προτιμητέες περιοχές γένεσης των βαθιών συστημάτων συναγωγής οι οποίες είναι η δυτική και κεντρική Μεσόγειος, και οι περίοδοι όπου αναπτύσσονται περισσότερο είναι το φθινόπωρο, δηλαδή τους μήνες Σεπτέμβρη και Οκτώβρη. Ως στοιχεία

αναγνώρισης αυτών των συστημάτων βρήκαν πως το σύνολο τους χαρακτηρίζονταν από καθοδικές διαταραχές στα μέσα της τροπόσφαιρας, με πιέσεις της τάξης των 500 hPa, νότιες ροές και βροχοπτώσεις.

Στη μελέτη των Huhneil et al. (2010) ερευνάται η πιθανότητα ρυθμού βροχόπτωσης χρησιμοποιώντας δεδομένα από το όργανο SEVIRI του δορυφόρου Meteosat δεύτερης γενιάς. Για αυτό το σκοπό αναπτύχθηκε ένα μοντέλο για την διαδικασία της βροχόπτωσης σε σχέση με τους κυκλώνες των μεσαίων πλατών βασιζόμενο στην υπόθεση ότι οι ψηλοί ρυθμοί βροχόπτωσης σχετίζονται με ψηλό οπτικό πάχος και μεγάλη ενεργή ακτίνα σωματιδίων, ενώ οι χαμηλοί ρυθμοί βροχόπτωσης σχετίζονται με μικρό οπτικό πάχος και μικρή ενεργή ακτίνα των σωματιδίων. Για το σκοπό αυτό μελετήθηκαν τα κανάλια του δορυφόρου στα 0,6μm (κανάλι 1) και 1,6μm (κανάλι 3), τα οποία μπορούσαν να αποκαλύψουν πληροφορίες για τις οπτικές και μικροσκοπικές ιδιότητες των συννέφων. Μετά από ανάλυση της σχέσης μεταξύ των δύο αναφερόμενων καναλιών και του ρυθμού βροχόπτωσης που βασίζονταν σε δεδομένα εδάφους αποκαλύφτηκε υψηλή συσχέτιση μεταξύ του σήματος του δορυφόρου και του ρυθμού της βροχόπτωσης, και πρότειναν μια τεχνική για εκτίμηση του ρυθμού της βροχόπτωσης. Η επικύρωση αυτής της τεχνικής είχε καλή εφαρμογή σε χρονική ανάλυση των 6 και 12 ωρών.

Οι Wolters, Hurk και Roebeling (2011) περιγράφουν αξιολόγηση ενός αλγορίθμου που είχε να κάνει με τις φυσικές ιδιότητες της βροχόπτωσης και τις ιδιότητες των συννέφων (KNMI Cloud Physical Properties – Precipitation Properties (CPPPP) algorithm). Αυτός ο αλγόριθμος που εισάχθηκε από τους Roebeling and Holleman (2009), και δημιουργήθηκε αρχικά από τους Wentz και Spencer (1998) συνδυάζει δεδομένα διαφορετικών μεταβλητών οι οποίες είναι η διαδρομή του νερού του συννέφου (condensed water path), η φάση του συννέφου, η ενεργή ακτίνα και η θερμοκρασία της κορυφής των συννέφων. Πρώτος στόχος ήταν να βρεθεί κατά πόσο μπορεί να υπάρξει ακριβής εκτίμηση της συχνότητας του γεγονότος της βροχόπτωσης και του ρυθμού της βροχόπτωσης, χρησιμοποιώντας ως δεδομένα τα κανάλια 0,6 μικρομέτρων (κανάλι 1) 1,6 μικρομέτρων (κανάλι 3) και 10,8 μικρομέτρων (κανάλι 9) του οργάνου SEVIRI του δορυφόρου Meteosat Δεύτερης Γενιάς και έχοντας ως σημείο αναφοράς τη βροχόπτωση του ραντάρ βροχόπτωσης του δορυφόρου TRMM. Δεύτερος στόχος ήταν να αξιολογηθεί κατά πόσο το όργανο SEVIRI ήταν ικανό να παρακολουθεί την εποχιακή και ημερήσια εξέλιξη της βροχόπτωσης κατά την διάρκεια των μουσώνων της Δυτικής Αφρικής χρησιμοποιώντας της παρατηρήσεις της βροχόπτωσης και την τεχνική κλιματικής πρόβλεψης του κέντρου

μορφολογίας που πρότειναν οι Joyce et al., (2004) (Climate Prediction Center Morphing Technique - CMORPH). Στα αποτελέσματα ήταν πως η περιοχή των βροχοπτώσεων στα δύο όργανα ήταν κοινή, με αυτήν του SEVIRI να ήταν 10% μεγαλύτερη, και πως ο μέσος ανακτώμενος ρυθμός βροχόπτωσης από τον αλγόριθμο CRRPP ήταν περίπου 8% μεγαλύτερος από αυτό του δορυφόρου TRMM. Η συσχέτιση μεταξύ των δύο τεχνικών αλγορίθμων βρέθηκε ψηλή (περίπου 0,7) για τον ρυθμό βροχόπτωσης και για την συχνότητα βροχόπτωσης. Ο κύκλος βροχής κατά την διάρκεια της ημέρας βρέθηκε να έχει διαφορετικά πρότυπα για τρεις γεωγραφικά διαφορετικές περιοχές της Δυτικής Αφρικής.

Κεφάλαιο Τρίτο

Μεθοδολογία

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την παρακολούθηση καταιγίδων στην περιοχή της Μεσογείου. Αρχικά παρουσιάζεται ο σκοπός και ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας, στη συνέχεια αναφέρονται τα ερευνητικά ερωτήματα που μελετώνται και καλείτε να απαντήσει η παρούσα διπλωματική. Ακολούθως αναφέρεται ο σχεδιασμός της μεθοδολογίας, η μέθοδος που ακολουθήθηκε για την συλλογή των δεδομένων, η περιοχή μελέτης και η διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων. Τέλος αναφέρεται η μέθοδος ανάλυσης των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε στο κεφάλαιο των συμπερασμάτων.

3.1 Σκοπός- Στόχοι

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι χρησιμοποιώντας δορυφορικά προϊόντα να ελεγχθεί αν και κατά πόσο σχετίζεται η βροχόπτωση με τις θερμοκρασίες κορυφών των νεφών. Οι θερμοκρασίες κορυφών των νεφών εκφράζουν το ύψος των νεφών που σχετίζεται με την καταιγιδόφορο δραστηριότητα. Πιο συγκεκριμένα, όσο πιο ψυχρές είναι οι κορυφές των νεφών, τόσο περισσότερο ανεπτυγμένα είναι συνήθως στην τροπόσφαιρα και άρα τόσο περισσότερο είναι πιθανό να εκδηλώσουν ισχυρή βροχόπτωση. Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας και με την συνδυασμένη χρήση της Τηλεπισκόπησης και των GIS, πραγματοποιήθηκε χωρική και χρονική συσχέτιση των δύο αυτών ειδών δεδομένων με σκοπό την ανάδειξη του είδους και της έντασης της μεταξύ τους συσχέτισης

Στόχος της παρούσας διατριβής είναι η μελέτη της σχέσης μεταξύ των κατακρημνισμάτων κατά την διάρκεια καταιγίδων και της θερμοκρασίας αυτών των νεφών που προκαλούν τις καταιγίδες, μέσω της δορυφορικής τηλεπισκόπησης.

3.2 Ερευνητικά Ερωτήματα

Στην παρούσα διπλωματική διατριβή θα μελετηθούν τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα

- 1) Μπορούν οι δορυφορικές εικόνες να εξαγάγουν συμπεράσματα για την συσχέτιση μεταξύ θερμοκρασίας και βροχοπτώσεων κατά την διάρκεια καταιγίδων με επίκεντρο την Μεσόγειο;
- 2) Μπορεί η μελέτη δορυφορικών εικόνων ανά τρίωρα να δώσει έγκυρα αποτελέσματα ή πρέπει να υπάρξει μελέτη σε πιο μεγάλα χρονικά διαστήματα και κατά πόσο;
- 3) Υπάρχουν καλύτερες συσχετίσεις θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για κάποιες ώρες του εικοσιτετράωρου, π.χ. πρωινές ή νυχτερινές ώρες σε σχέση με τις υπόλοιπες ώρες;

3.3 Σχεδιασμός

Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα θερμοκρασίας νεφών και βροχόπτωσης για την περιοχή της Μεσογείου και δημιουργήθηκαν ξεχωριστοί χάρτες θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για τα ίδια τρίωρα, με επίκεντρο τη δράση των καταιγιδοφόρων νεφών. Αυτό έγινε με την βοήθεια των προγραμμάτων Microsoft Office Excel 2007, και qGIS (έκδοση 2.8.9). Αυτοί οι χάρτες έχοντας ως κοινή παράμετρο το γεωγραφικό μήκος και πλάτος, μέσω μιας εντολής του προγράμματος QGIS μετέφεραν τις πληροφορίες τους σε πίνακες και τοποθετήθηκαν στο στατιστικό πρόγραμμα IBM SPSS Statistics 24. Με την βοήθεια του τελευταίου προγράμματος βρέθηκαν οι συσχετίσεις μεταξύ θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για την επιλεγόμενη περιοχή της Μεσογείου, η οποία διέφερε κάθε φορά, ανάλογα με την περιοχή που βρισκόντουσαν τα καταιγιδοφόρα νέφη, για την ίδια χρονική περίοδο.

3.4 Μέθοδος επεξεργασίας και συλλογής δεδομένων

Τα δεδομένα θερμοκρασίας και βροχόπτωσης έχουν συλλεχθεί μετά από επεξεργασία δεδομένων από τους δορυφόρους Meteosat 9,10 και τον δορυφόρο TRMM αντίστοιχα, για τις ημερομηνίες 27 και 28 Οκτωβρίου του έτους 2012. Αρχικά και τα δύο είδη δεδομένων έχουν μορφή αριθμών και βρίσκονται σε πρόγραμμα τύπου WordPad δίνοντας σε κάθε γεωγραφικό σημείο όπου ξεχωρίζει με διαφορετικό μήκος και πλάτος, ξεχωριστή τιμή βροχόπτωσης και θερμοκρασίας.'

Τα δεδομένα βροχόπτωσης βρίσκονται χωρισμένα σε τρίωρα, έχοντας ως πρώτο τρίωρο από την 22:30 της 26 Οκτωβρίου του 2012, μέχρι την 01:30 της 27 Οκτωβρίου του 2012, και τελευταίο τρίωρο την 19:30 της 28 Οκτωβρίου του 2012, μέχρι την 22:30 της 28 Οκτωβρίου του 2012. Υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα για όλα τα τρίωρα. Τα δεδομένα της θερμοκρασίας ήταν ανά τέταρτο, από την 0000 της 27 Οκτωβρίου του 2012, μέχρι την 2345 της 28 Οκτωβρίου του 2012, χωρίς όμως να υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες για κάθε τέταρτο.

Για σκοπούς χρονικής αντιστοίχισης και σύγκρισης ίδιου χρονικού διαστήματος επιλέχτηκε όπως τοποθετηθούν τα διαθέσιμα τέταρτα δεδομένων θερμοκρασίας στο πρόγραμμα EXCEL για κάθε αντίστοιχο τρίωρο βροχόπτωσης και έτσι να εξαχθούν οι μέσοι όροι θερμοκρασίας τρίωρου από αυτά. Αυτή η επεξεργασία έχει γίνει μόνο για τα τρίωρα που υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα θερμοκρασίας. Για τα τρίωρα που δεν υπήρχαν καθόλου πληροφορίες τέταρτων θερμοκρασίας δεν κατέστη δυνατόν να γίνει συσχέτιση με την βροχόπτωση και δεν θα αναφερθούν στην συνέχεια. Έχουν δημιουργηθεί συνολικά 12 σετ δεδομένων τρίωρων , τα οποία είναι 6 σετ για την κάθε ημέρα μελέτης.

3.4.1. Μέθοδος Συλλογής δεδομένων βροχόπτωσης

Οι διαθέσιμες πληροφορίες για την βροχόπτωση είναι ο ρυθμός της βροχόπτωσης (precipitation), η αθροιστική βροχόπτωση (accumulated precipitation) και το σχετικό σφάλμα της βροχόπτωσης (relative error). Αυτά τα δεδομένα έχουν παρθεί από την επίσημη σελίδα της NASA (2016b), τα οποία όπως αναφέρθηκε είναι χωρισμένα ανά τρίωρο και έχουν ως μονάδα μέτρησης τα mm. Καλύπτουν την περιοχή γεωγραφικού πλάτους από 20,125° μέχρι 49,875°, και γεωγραφικού μήκους 9,875° μέχρι 44,875°.

Τα δεδομένα βροχόπτωσης έχουν συλλεχθεί με την βοήθεια ενός αλγόριθμου που ονομάζεται «αλγόριθμος 3B42». Αυτός ο αλγόριθμος έχει ως σκοπό να παράγει προσαρμοσμένες - συγχωνευμένες υπέρυθρες εκτιμήσεις βροχοπτώσεων (IR) αλλά και εκτιμήσεις του σφάλματος χρησιμοποιώντας την μέση τετραγωνική ρίζα (RMS). Ο

αλγόριθμος αποτελείται από δύο ξεχωριστά στάδια. Το πρώτο βήμα χρησιμοποιεί τα δεδομένα τροχιάς από το ραδιόμετρο μέτρησης ορατού υπέρυθρου VIRS και του μικροκυματικού συστήματος απεικόνισης TMI του δορυφόρου, δηλαδή τα προϊόντα 1B01 και 2A12, που βρίσκονται στον δορυφόρο TRMM και τις μηνιαίες συνδυασμένες μέσες παραμέτρους βαθμονόμησης του αισθητήρα TMI του TRMM (TCI) από τα προϊόντα 3B31 του TRMM για να παράγουν τις μηνιαίες παραμέτρους βαθμονόμησης υπέρυθρου (IR). Το δεύτερο βήμα χρησιμοποιεί αυτές τις μηνιαίες παραμέτρους βαθμονόμησης υπέρυθρου (IR) για να προσαρμόσει τα συγχωνευμένα υπέρυθρα δεδομένα βροχόπτωσης, τα οποία αποτελούνται από τα δεδομένα των MS, GOES-E, GOES-W, Meteosat-7, Meteosat-5, και NOAA-12. Το τελικό κάρναβο των συγχωνευμένων υπέρυθρων δεδομένων βροχόπτωσης το οποίο μετρείται σε μιλίμετρα ανά ώρα (mm/hr) και οι εκτιμήσεις σφάλματος έχουν καθημερινή χρονική ανάλυση (χρονική διακριτική ικανότητα) και χωρική ανάλυση 0.25 X 0.25 μοίρες. Η χωρική κάλυψη εκτείνεται από 50 μοίρες νότια μέχρι 50 μοίρες βόρειου γεωγραφικού πλάτους (ΝΑΣΑ, 2016).

3.4.2 Μέθοδος Συλλογής δεδομένων θερμοκρασίας

Τα δεδομένα θερμοκρασίας έχουν συλλεχθεί από τον Δορυφόρο Meteosat. Σε κάθε αρχείο 15 λεπτών υπήρχε διαθέσιμη πληροφορία για κάθε γεωγραφικό σημείο οι θερμοκρασίες νεφών για τα κανάλια 5,6,7,9,10, και οι διαφορές των θερμοκρασιών των καναλιών 5-9, 9-10, 5-6, 7-9, 10-7 αυτού του δορυφόρου. Αυτά τα δεδομένα θερμοκρασίας καλύπτουν την ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου γεωγραφικού πλάτους και μήκους βορειοδυτικά 49,25° (lat) και -7,29° (lon) , και νοτιοδυτικά 28,39° (lat) και -5,26° (lon), μέχρι βορειοανατολικά 54,02 (lat) και 63,68 (lon) και νοτιοανατολικά 29,35 (lat) και 34,1° (lon).

Τα δύο κανάλια που έχουν επιλεγεί να μελετηθούν είναι το κανάλι 5 (6,2μm), λόγω της ιδιότητας του να ανιχνεύει τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας, και το κανάλι 9 (10,8μm) λόγω της ιδιότητας του να μετρά τις θερμοκρασίες των κορυφών των νεφών (University Corporation for Atmospheric Research, 2010).

Μεταξύ των καναλιών 5 και 6 τα οποία είναι και τα δύο κανάλια απεικόνισης υδρατμών έχει επιλεγεί το κανάλι 5 αφού αυτό βρίσκεται στη μέση της ζώνης απορρόφησης και έτσι έχει ισχυρή απορρόφηση σε σχέση με το κανάλι 6 που βρίσκεται στην άκρη της ζώνης απορρόφησης με λιγότερο ισχυρή απορρόφηση. Συνέπεια του πιο πάνω στο κανάλι 5 έρχεται ακτινοβολία μόνο από τα ψηλά επίπεδα προς τον δορυφόρο σε σχέση

με το κανάλι 6 όπου έρχεται ακτινοβολία και από τα πιο χαμηλά στρώματα (Zwatz-Meise, 2004)

3.5 Περιοχή Μελέτης

Η περιοχή μελέτης είναι η ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου θάλασσας. Οι Μεσογειακές χώρες Ισπανία, Γαλλία, Ελλάδα, Κύπρος, Τουρκία, αλλά και πιο κεντρικές όπως Ελβετία, Αυστρία, Σλοβενία, Κροατία, Βοσνία, Σερβία, Αλβανία, Σκόπια, Βουλγαρία, Ρουμανία, Ουγγαρία, Αυστρία, Τσεχία, Στις δορυφορικές εικόνες επίσης απεικονίζονται και οι Βόρειες χώρες της Αφρικανικής Ηπείρου, Αλγερία, Λιβύη και Αίγυπτος.

Τα δεδομένα των βροχοπτώσεων καλύπτουν την περιοχή μελέτης γεωγραφικού πλάτους (lat) από 20,125° μέχρι 49,875° , και γεωγραφικού μήκους (lon) 9,875° μέχρι 44,875° (εικόνα 3.2).

Τα δεδομένα θερμοκρασίας καλύπτουν την περιοχή γεωγραφικού πλάτους και μήκους βορειοδυτικά 49,25° (lat) και -7,29° (lon) , και νοτιοδυτικά 28,39° (lat) και -5,26° (lon), μέχρι βορειοανατολικά 54,02 (lat) και 63,68 (lon) και νοτιοανατολικά 29,35 και 34,1° (εικόνα 3.10).

Για την μεγάλη πλειοψηφία των δεδομένων αυτών οι περιοχές ταυτίζονται. Για την κοινή τομή των εικόνων των βροχοπτώσεων και των θερμοκρασιών βρίσκεται και αποκόπτεται πολύγωνο στην περιοχή όπου υπάρχουν έντονες βροχοπτώσεις και άρα καταγιδοφόρα δράση των νεφών. Αυτό το πολύγωνο το οποίο είναι ξεχωριστό για κάθε τρίωρο βροχοπτώσεων, χρησιμοποιείται για αποκοπή και των αρχείων της θερμοκρασίας.

Έτσι προκύπτει πως, για κάθε σετ δεδομένων τρίωρου, υπάρχει ξεχωριστή περιοχή μελέτης, που είναι η ίδια για τα δεδομένα θερμοκρασίας και βροχόπτωσης, και εξαρτάται από την περιοχή που θα εντοπιστεί καταγιδοφόρος δράση κατά την επεξεργασία των εικόνων, της ευρύτερης περιοχής μελέτης.

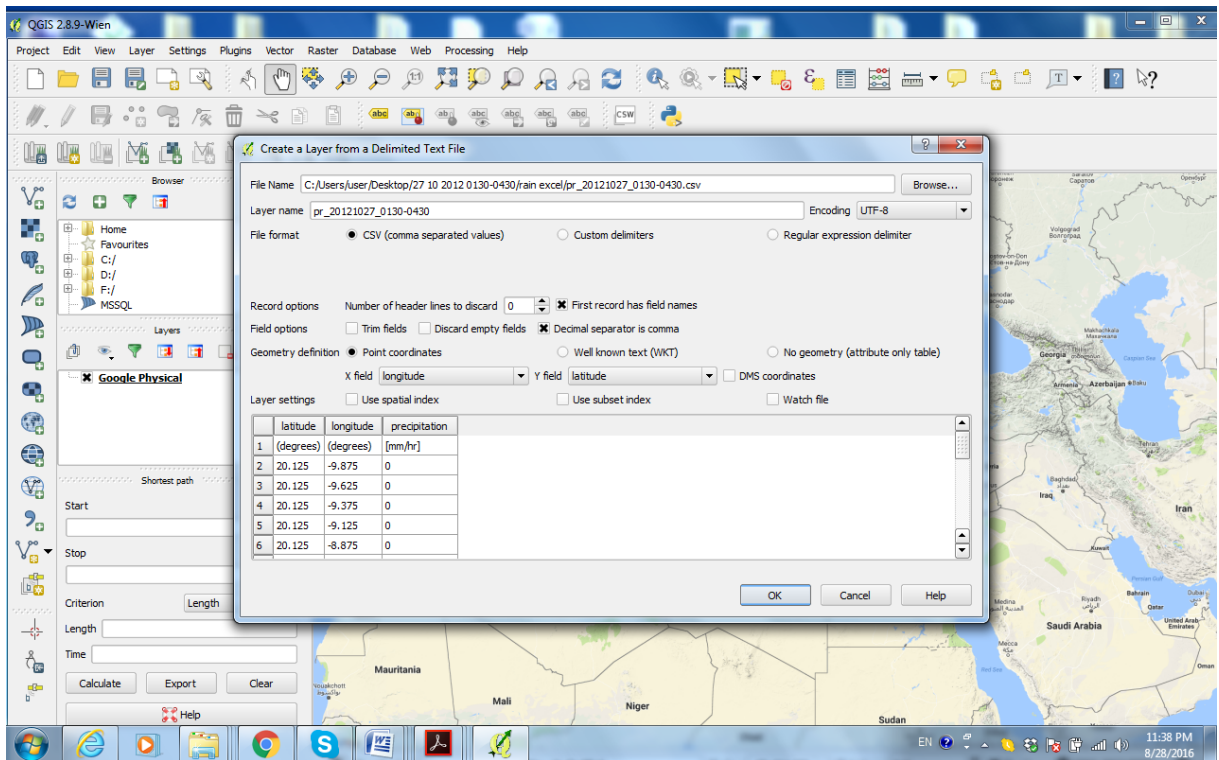
3.6 Διαδικασία

Για την καλύτερη επεξήγηση της διαδικασίας επεξεργασίας των δεδομένων αυτό το κομμάτι χωρίστηκε σε τρεις επί μέρους φάσεις.

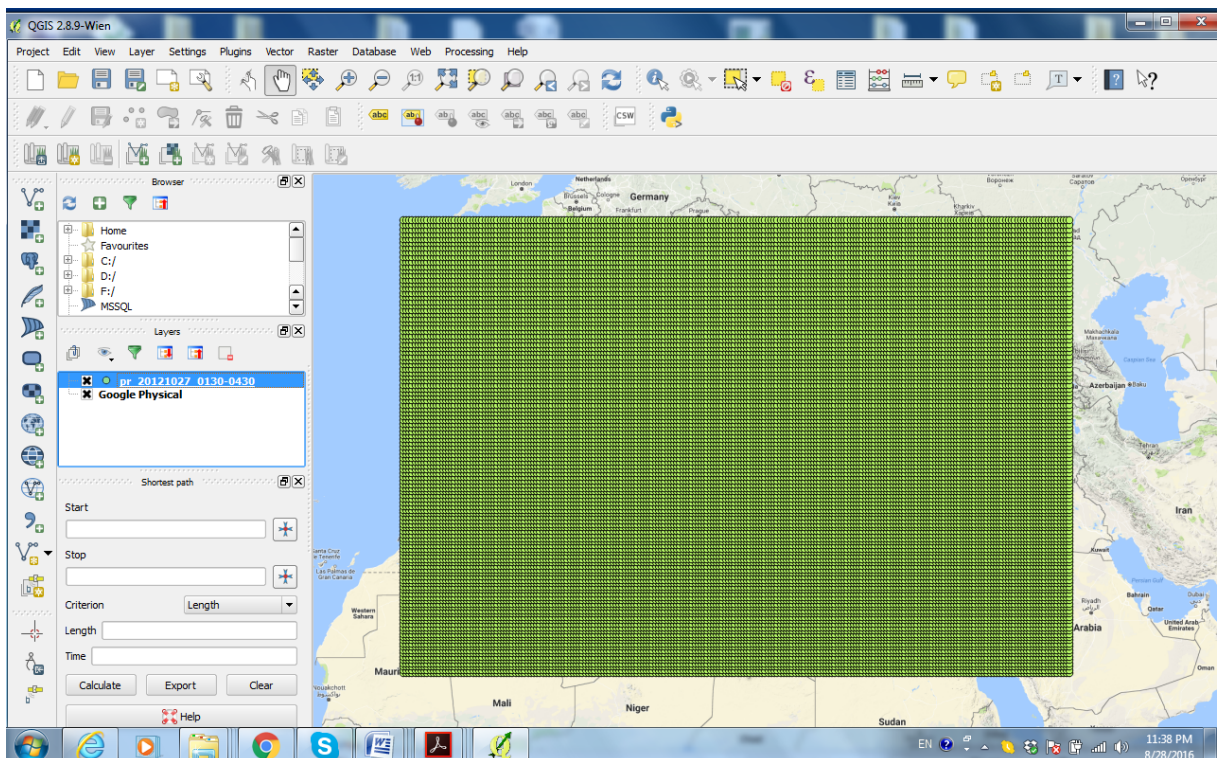
Στην Φάση Α αναλύεται η επεξεργασία των δεδομένων της βροχόπτωσης μέχρι να φτάσουν σε πλεγματική μορφή κομμένων αρχείων στα όρια των καταιγδοφόρων νεφών. Στην Φάση Β' αναλύεται η επεξεργασία των δεδομένων της θερμοκρασίας, μέχρι να φτάσουν σε πλεγματικά αρχεία με χρονική και χωρική συσχέτιση με αυτών της βροχόπτωσης που βρέθηκαν στην Φάση Α. Τέλος στην Φάση Γ' εξάγονται τα δεδομένα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας από το QGIS και τοποθετούνται αρχικά σε φύλλο EXCEL και ακολούθως στο στατιστικό πρόγραμμα SPSS από το οποίο βρέθηκαν οι συντελεστές συσχετίσεις θερμοκρασίας και βροχόπτωσης.

3.6.1 Φάση Α'

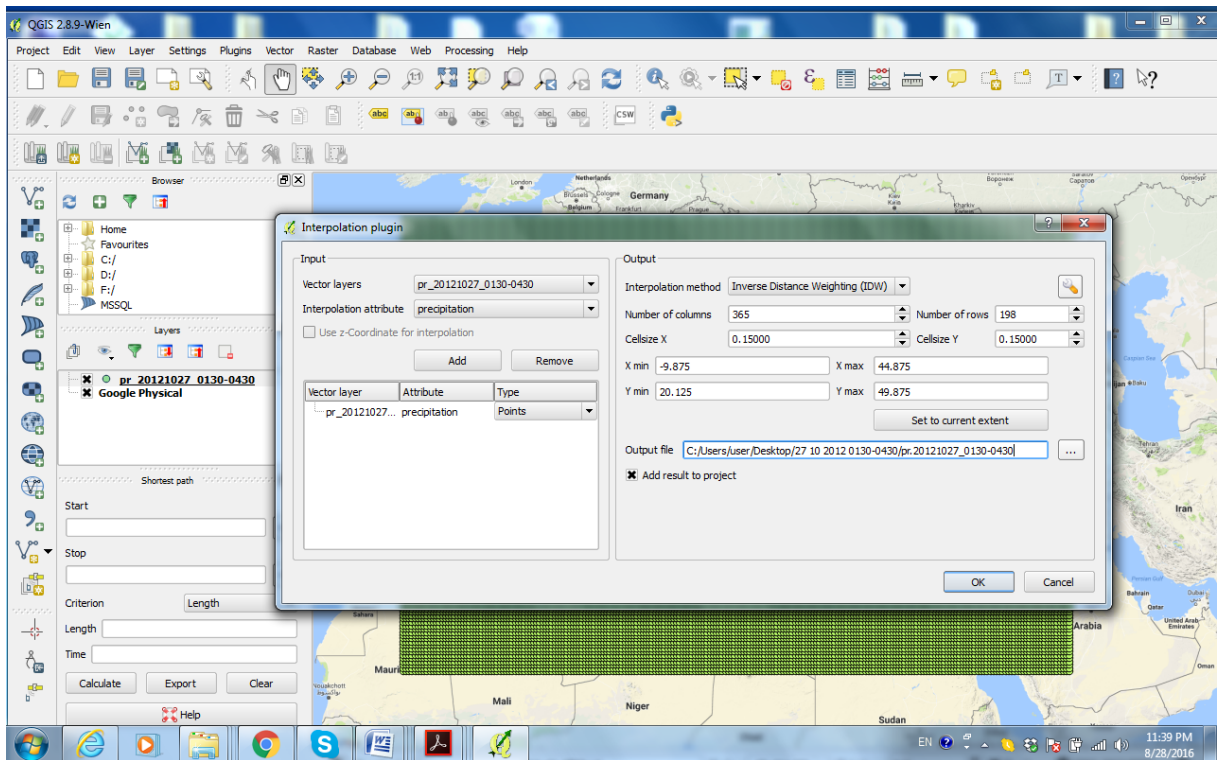
- Για κάθε μια από τους τρεις παραμέτρους της βροχόπτωσης, τα δεδομένα από δεδομένα κειμένου (text document) τοποθετούνται στο πρόγραμμα Excel σε csv μορφή και ακολούθως στο πρόγραμμα qGIS (εικόνα 3.1) όπου απεικονίζονται σε διανυσματική μορφή (shapefiles) (εικόνα 3.2).
- Ακολούθως με την επιλογή «interpolation» του προγράμματος QGIS, και επιλεγμένη στήλη τη παράμετρο της βροχόπτωσης (εικόνα 3.3) μετατρέπονται τα vector αρχεία σε raster και σε πλεγματική μορφή (geotiff) όπου και απεικονίζονται οι καταιγίδες με έντονο άσπρο χρώμα. (εικόνα 3.4) Το μέγεθος του εικονοστοιχείου που κρίθηκε πιο κατάλληλο ήταν το 0,15 x 0,15, και η μέθοδος για αυτήν την διαδικασία η «IDW».
- Ακολούθως δημιουργήθηκε καινούριο διανυσματικό αρχείο (εικόνα 3.5) στο οποίο χαράζεται πολύγωνο στα όρια της καταιγίδας (εικόνα 3.6), στο αρχείο του ρυθμού της βροχόπτωσης, λόγω του ότι ζητούμενο είναι η μελέτη καταιγδοφόρων νεφών, και όχι των περιοχών που δεν υπάρχει βροχόπτωση.
- Το vector πολύγωνο που δημιουργήθηκε χρησιμοποιήθηκε σαν πολύγωνο κοπής των πλεγματικών αρχείων της βροχόπτωσης (εικόνα 3.8).
- Δημιουργία τελικών raster αρχείων βροχόπτωσης (εικόνα 3.9).



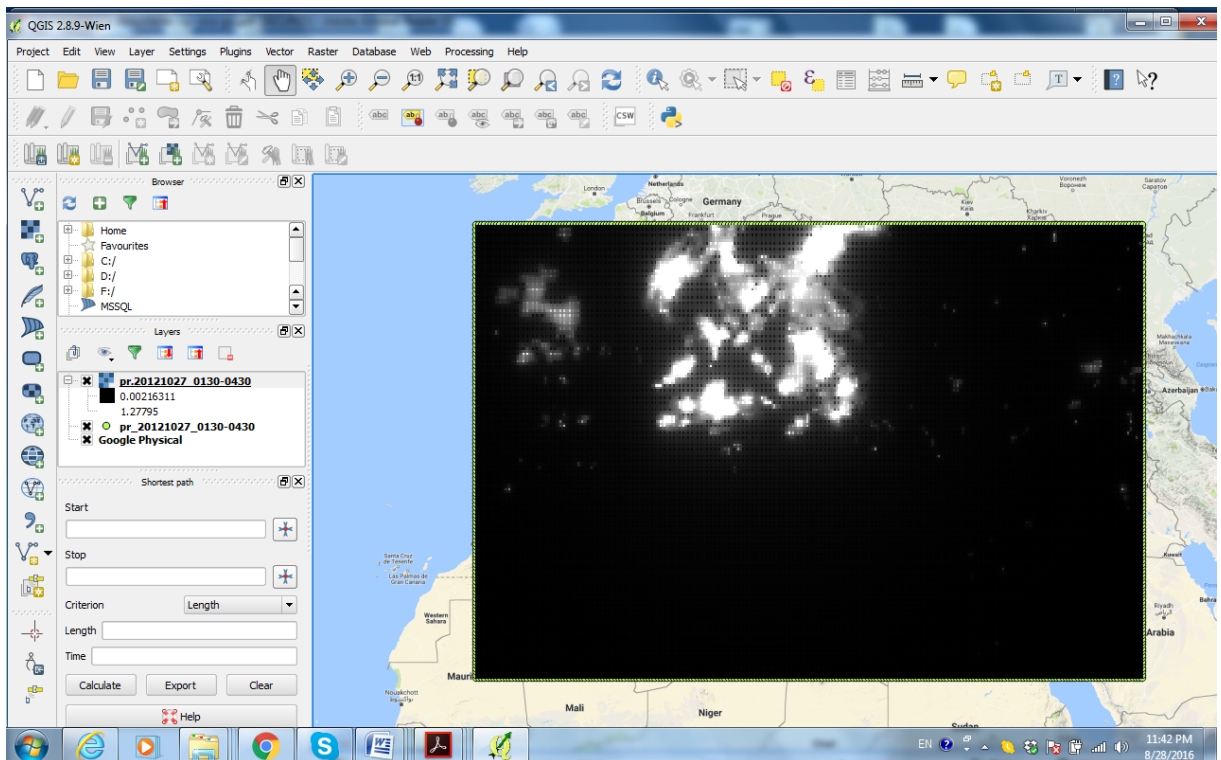
Εικόνα 3.1. Εισαγωγή δεδομένων βροχόπτωσης (precipitation) στο qGIS, από αρχείο csv μορφής.



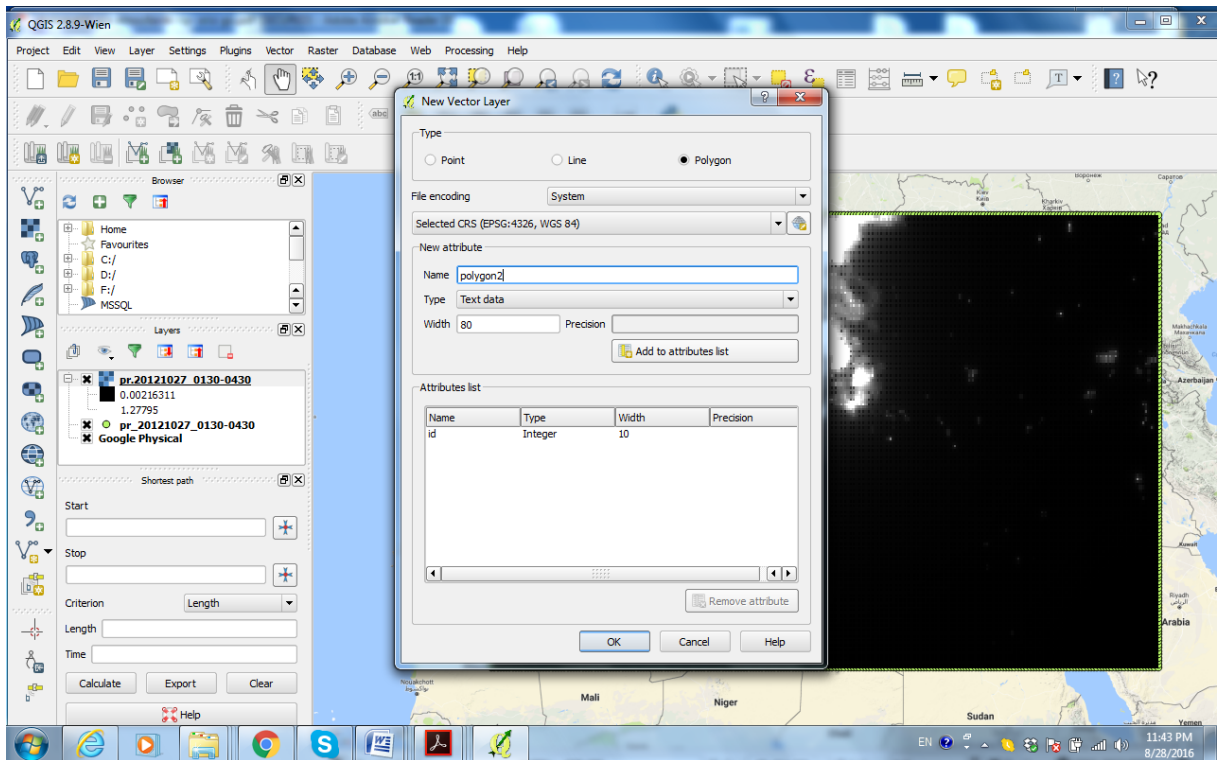
Εικόνα 3.2: Το vector αρχείο της βροχόπτωσης που δημιουργήθηκε.



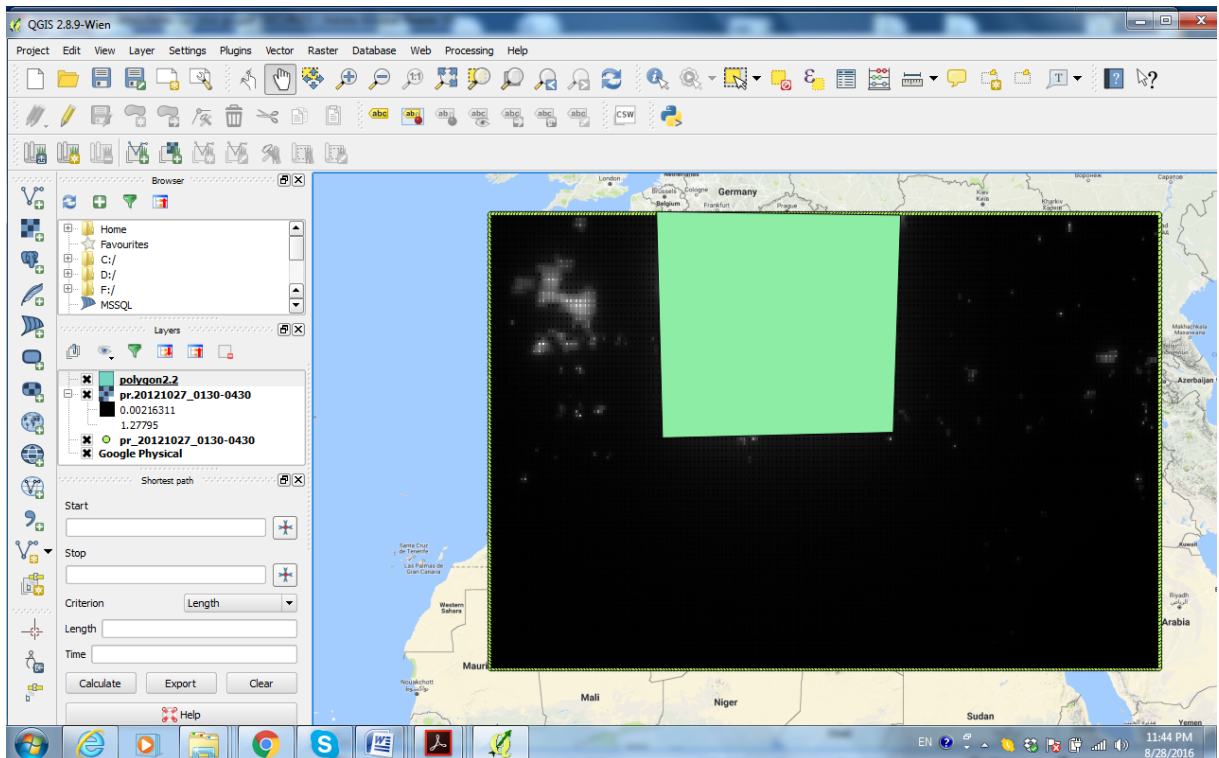
Εικόνα 3.3: Η εντολή «interpolation» και η δημιουργία αρχείου raster της βροχόπτωσης.



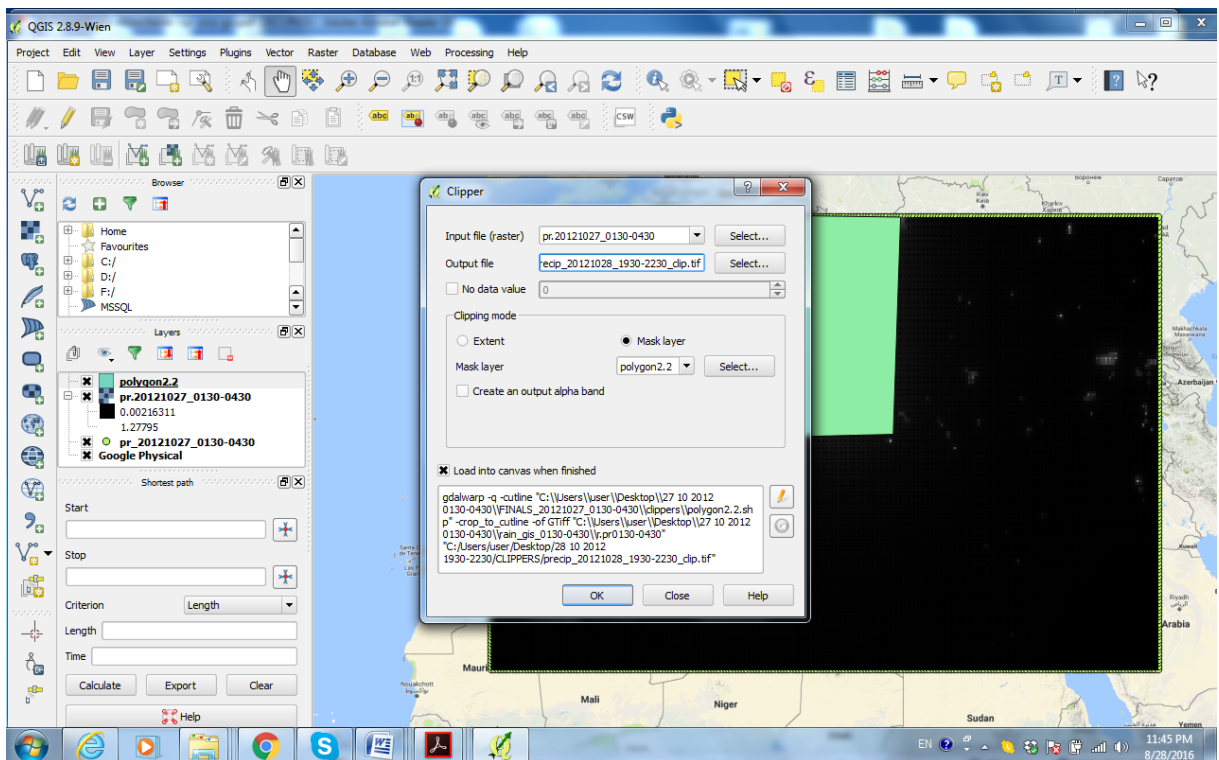
Εικόνα 3.4: Το αρχείο ράστερ της βροχόπτωσης (precipitation) που δημιουργήθηκε.



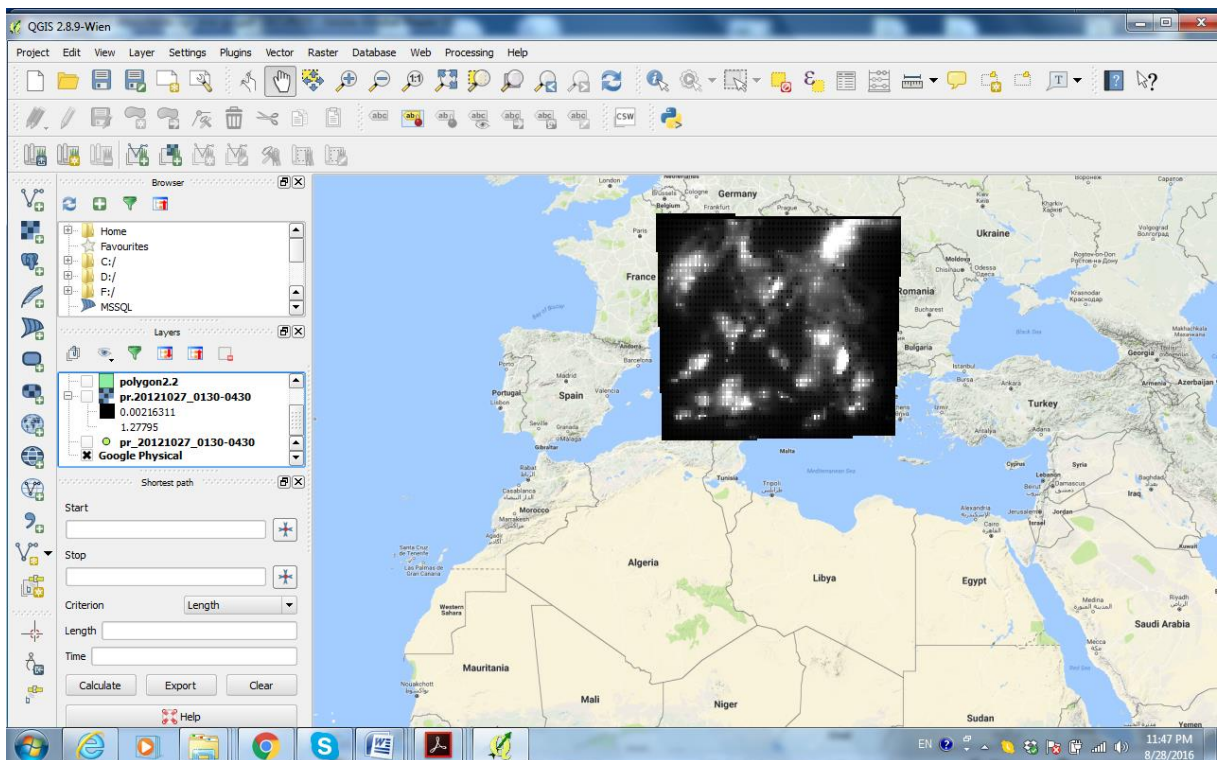
Εικόνα 3.5: Δημιουργία αρχείου vector.



Εικόνα 3.6: Δημιουργία πολυγώνου στα όρια των καταιγιδοφόρων νεφών. Αυτό το πολύγωνο χρησιμοποιείτε και στα τρία αρχεία βροχόπτωσης, και είναι διαφορετικό για κάθε τρίωρο, ανάλογα με την περιοχή συναγωγής.



Εικόνα 3.7: Εντολή «clipper» για αποκοπή raster βροχόπτωσης βάσει του πολυγώνου κοπής που δημιουργήθηκε.



Εικόνα 3.8: Τελικό αρχείο βροχόπτωσης (precipitation) για ένα τρίγωνο.

3.6.2 Φάση Β'

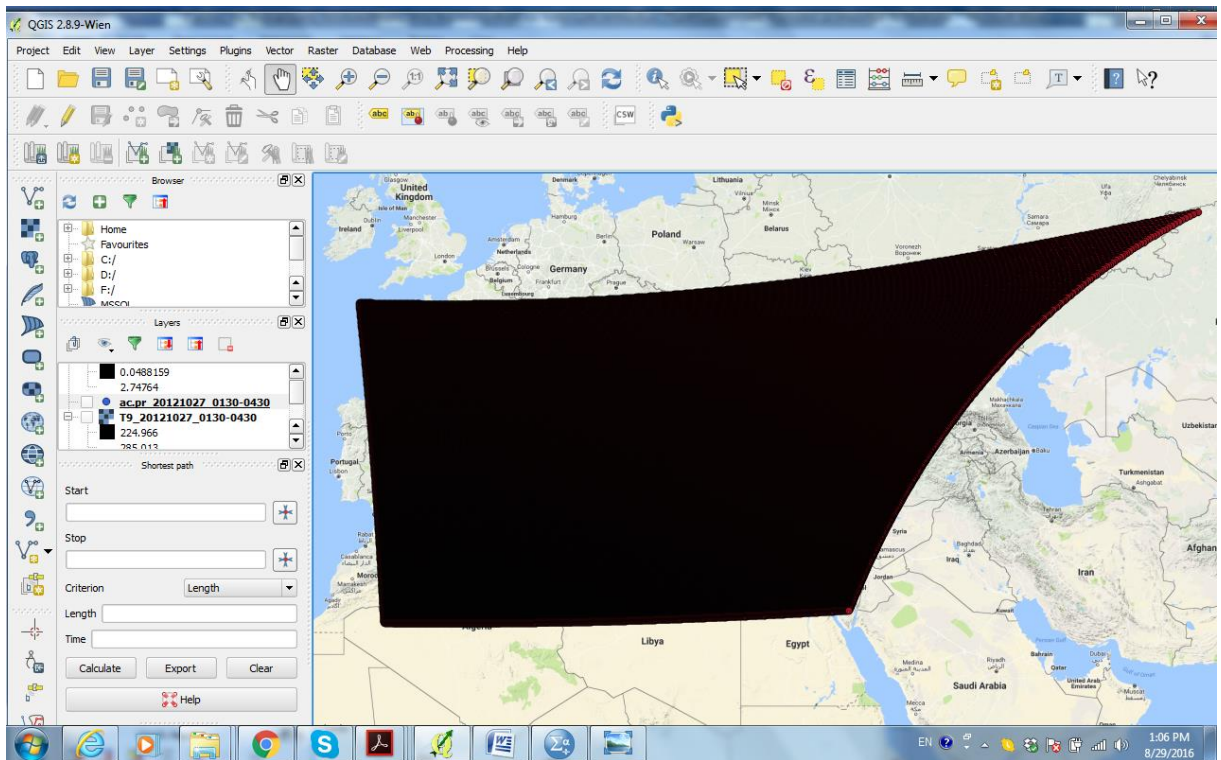
- Τα αρχεία της θερμοκρασίας που είναι χωρισμένα ανά 15 λεπτά τοποθετούνται στο πρόγραμμα EXCEL για την χρονική αντιστοίχιση κάθε τρίγωνο

βροχοπτώσεων και βρίσκονται οι μέσοι όροι τρίωρου των θερμοκρασιών για τα κανάλια 5 και 9. Το αρχείο φυλάγεται σε csv μορφή (εικόνα 3.9)

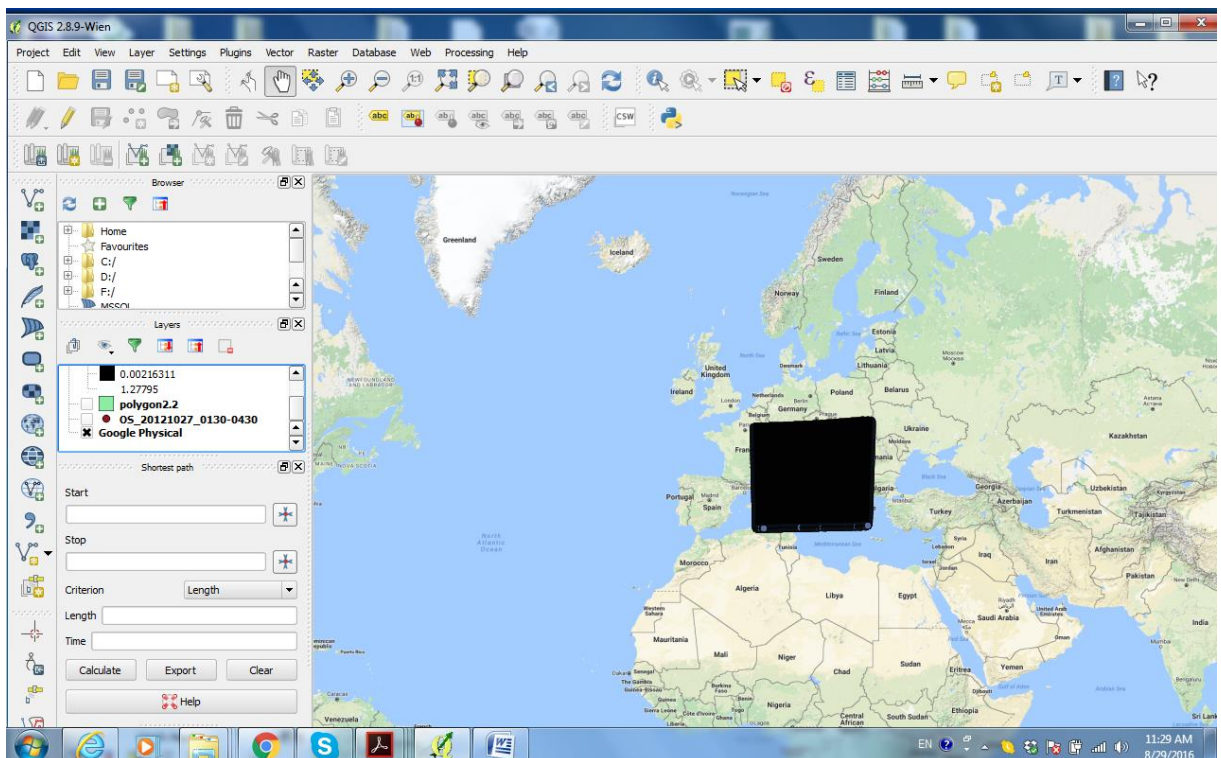
- Εισάγεται το πιο πάνω αρχείο (εικόνα 3.10) στο πρόγραμμα qGIS και παίρνει διανυσματική μορφή (εικόνα 3.11).
- Λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων που έχει, επιλέγεται πρώτα να κοπεί το vector αρχείο θερμοκρασιών με το πολύγωνο κοπής που έχει δημιουργηθεί στην Φάση Α για το κάθε τρίωρο(εικόνα 3.12) και ακολούθως να πάρει πλεγματική μορφή.
- Με την επιλογή «interpolation» του προγράμματος QGIS, και επιλεγμένη στήλη τη παράμετρο της θερμοκρασίας για το κανάλι 5 (T6,2μm) μετατρέπονται τα vector αρχεία σε raster και σε πλεγματική μορφή (geotiff) (εικόνα 3.13) . Το μέγεθος του εικονοστοιχείου που είναι πάλι το 0,15 x 0,15, για σκοπούς χωρικής συσχέτισης και η μέθοδος για αυτήν την διαδικασία η «IDW».
- Ακολουθείτε ξανά η ίδια διαδικασία για την θερμοκρασία του καναλιού 9 (T10,8μm) (εικόνα 3.14). Δημιουργούνται έτσι δύο πλεγματικά αρχεία θερμοκρασιών T6,2μm ,T10,8μm για το κάθε τρίωρο.

	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC
1	BT9	BT5_0230	BT9	BT5_0245	BT9	BT5_0300	BT9	BT5_0315	BT9	BT5_0330	BT9	BT5_0345	BT9	BT5_0400	BT9	BT5_0415	BT9	BT5_0430	BT9		BTS_MESO	BT9_MESO
2	267.8	234.8	263.5	234.1	263.2	233.8	263.3	233.9	262.6	234.1	270	234.4	274.7	234	273.3	234.2	267.8	234.3	271.6		234.325	267.2
3	265.4	234.8	263.5	234.5	263.5	234.2	263.3	234.2	263	234.5	271.4	234.3	268.6	234	273.3	234.5	271.1	234.4	272.4		234.4416667	267.0083
4	264.4	234.7	263.5	234.3	263.3	234.2	263.2	234.1	262.8	234.3	278.8	234	270.1	234.2	277.7	234.3	274.7	234.6	272.2		234.4166667	268.2
5	263.7	234.5	263.5	234.2	263.3	234.3	263.2	233.9	264.2	234.4	276.3	234.3	272.7	234.5	279.6	234.3	275.2	234.5	275.7		234.4583333	268.7417
6	263.7	234.6	263.5	234.3	263.3	234	263.2	234	266.3	234.6	271.9	234.4	277.2	234.3	280.9	234.7	274.1	234.4	276.3		234.5333333	269.0667
7	263.5	234.9	263.5	234	263.3	234	263.2	233.9	271.6	234.4	274.6	234.4	279.3	234.6	280.9	234.6	275.5	234.4	277.7		234.5083333	270.0667
8	263.7	234.7	263.7	234.1	263.3	234.5	263.2	234	279.9	234.6	277.2	234	280	234.2	280.5	234.4	277.3	234.3	279		234.4333333	271.2583
9	264	234.9	263.7	234.6	263.5	234.3	263.3	234.1	282.5	234.6	280.9	234.2	282.2	233.9	280	234.4	277.8	234.3	279.9		234.4833333	272.1
10	263.7	234.7	263.7	234.2	263.3	234.1	264	234.3	281.9	234.7	281.1	234.2	281.5	234.4	280.8	234.4	278	234.6	282.1		234.5083333	272.2917
11	263.3	234.3	263.7	234.3	263.5	234.2	263.9	234	281.8	234.3	281.5	233.8	279.4	234.3	282.2	234.2	278	234.3	283.1		234.3166667	272.35
12	263.5	234.6	264.2	234.7	263.3	234.2	264	233.9	279.1	234	281.9	234.1	276.3	234.3	282.4	234.3	278.8	234	283.2		234.35	272.0333
13	263.5	234.1	265.4	234.6	263.3	234.6	264.4	234.3	277	234.2	277	234	275.2	234.3	282.6	234.1	280.8	234.6	283.2		234.425	271.6667
14	263.7	234.1	264.6	234.3	263.2	234.8	264.7	234.3	276.4	234.2	270.5	233.9	274.9	234.5	282.8	233.9	281.5	234.5	282.8		234.35	271.0083
15	263.7	234.1	263.5	234	263.2	234.4	264.9	234.3	276	234.5	266.8	234.5	276.6	234.3	282.5	234.5	281.9	234.2	281.8		234.3333333	270.6167
16	263.5	234.6	263.5	234.3	263.3	234.1	264.4	234.4	273.2	234.3	267	234.3	278.8	234.1	281.2	234.5	282.6	234.4	281.8		234.3666667	270.4917
17	263.3	234.6	263.5	234.6	263	234.1	263.7	234.1	269.3	234.3	268	234.3	278.3	233.7	280	234	282.5	234.1	280.9		234.325	269.9083
18	263.5	234.1	263.5	234.3	263	234.1	263.2	234.3	267	234.3	266.6	234.4	276.3	233.7	278.8	234.3	280.6	234.4	278.6		234.3333333	268.9583
19	263.3	234.3	263.5	234.1	263.2	234.2	263.5	234.5	266.6	234.2	269.6	234.5	273.2	234.4	277	234.5	276.6	234.6	277		234.4916667	268.3083
20	263.2	233.7	263.3	234	263.7	234.4	263.7	234.1	266.5	234.3	274.9	234.2	270.8	234.4	278.1	234.3	277.3	234.3	277.7		234.35	268.7667
21	262.8	234.1	263	234	264	234.3	263.7	234.2	264.7	234.3	273	234.2	277	234.2	280	234.5	281.8	234.5	278.3		234.3833333	269.525
22	262.8	233.7	263	234.2	264	234.1	264.4	234.5	267.3	234.8	267.6	234.4	282.1	234.2	280.6	234.3	279.9	234.3	279.1		234.375	269.7333
23	263	234	263.3	234	263.7	234	264	234	268.6	234.8	268	234	281.1	234.6	277.3	234.3	276.4	234.4	279.3		234.35	269.1917
24	262.8	234.1	263.2	233.9	263.2	234.1	263.3	234	267.3	234.7	271.3	234	277	234.2	271.4	234.3	276.4	234.4	277.7		234.325	268.2833
25	263	234.3	263.2	233.8	263.2	234	263.7	233.8	267.6	234.6	276.6	234.1	269	233.8	273.7	234.1	276.7	234.3	276.9		234.3583333	268.2083

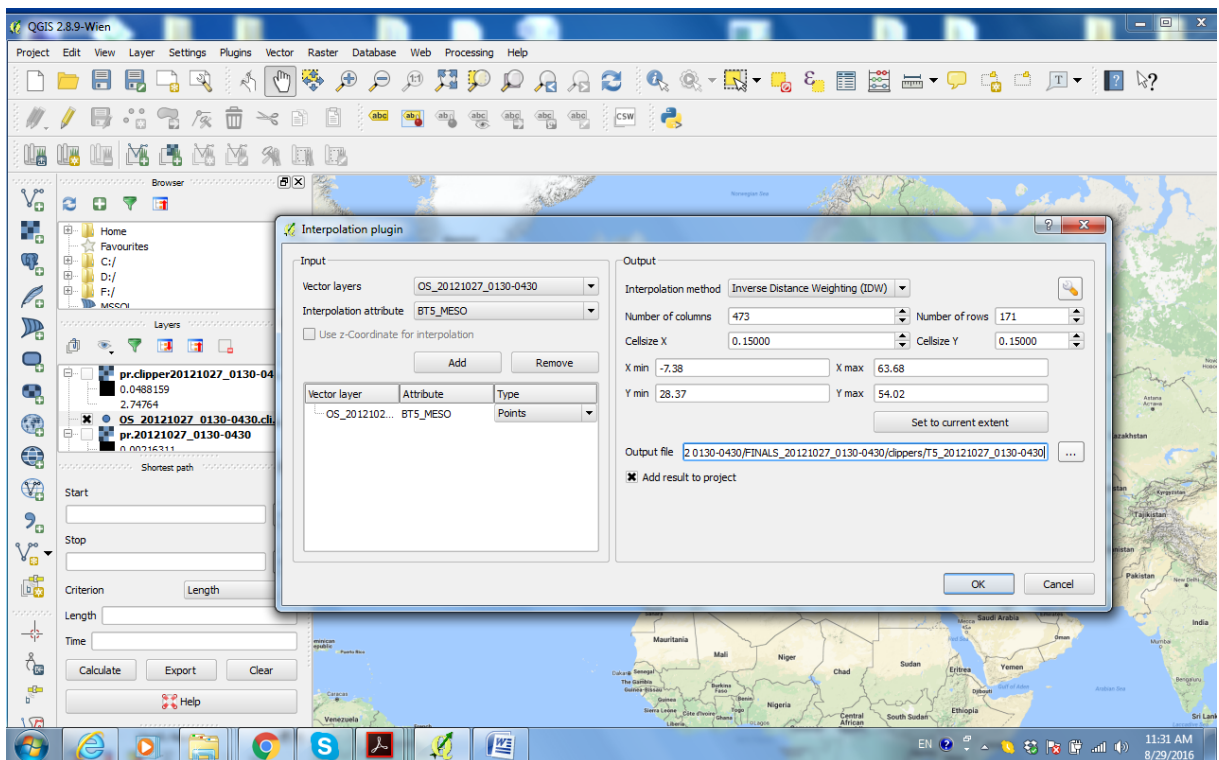
Εικόνα 3.9: Προεπεξεργασία δεδομένων θερμοκρασίας και εξαγωγή μέσω των όρων για κάθε τρίωρο από τα αρχικά 15λεπτα.



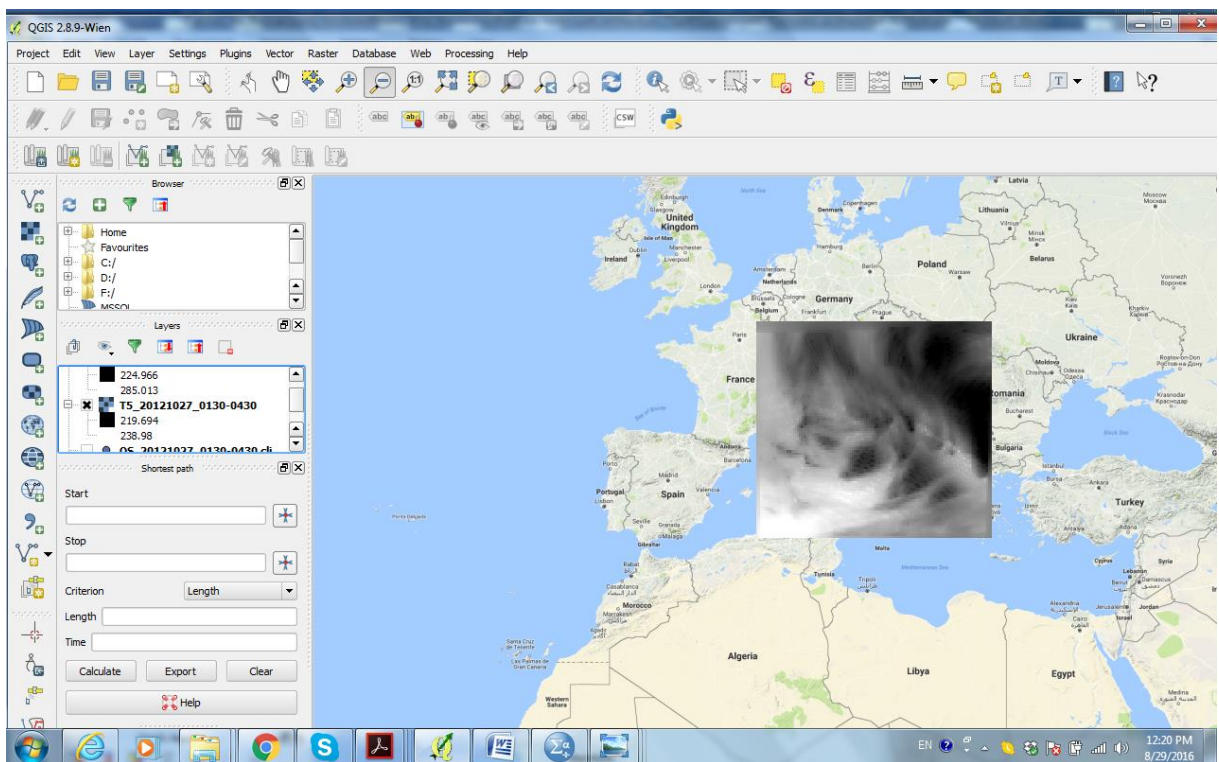
Εικόνα 3.10: Εισαγωγή αρχείου EXCEL με τους μέσους όρους τρίωρου των θερμοκρασιών T6,2 μ m , T10,8 μ m στο πρόγραμμα QGIS και δημιουργία vector αρχείου με τις μέσες τιμές θερμοκρασιών.



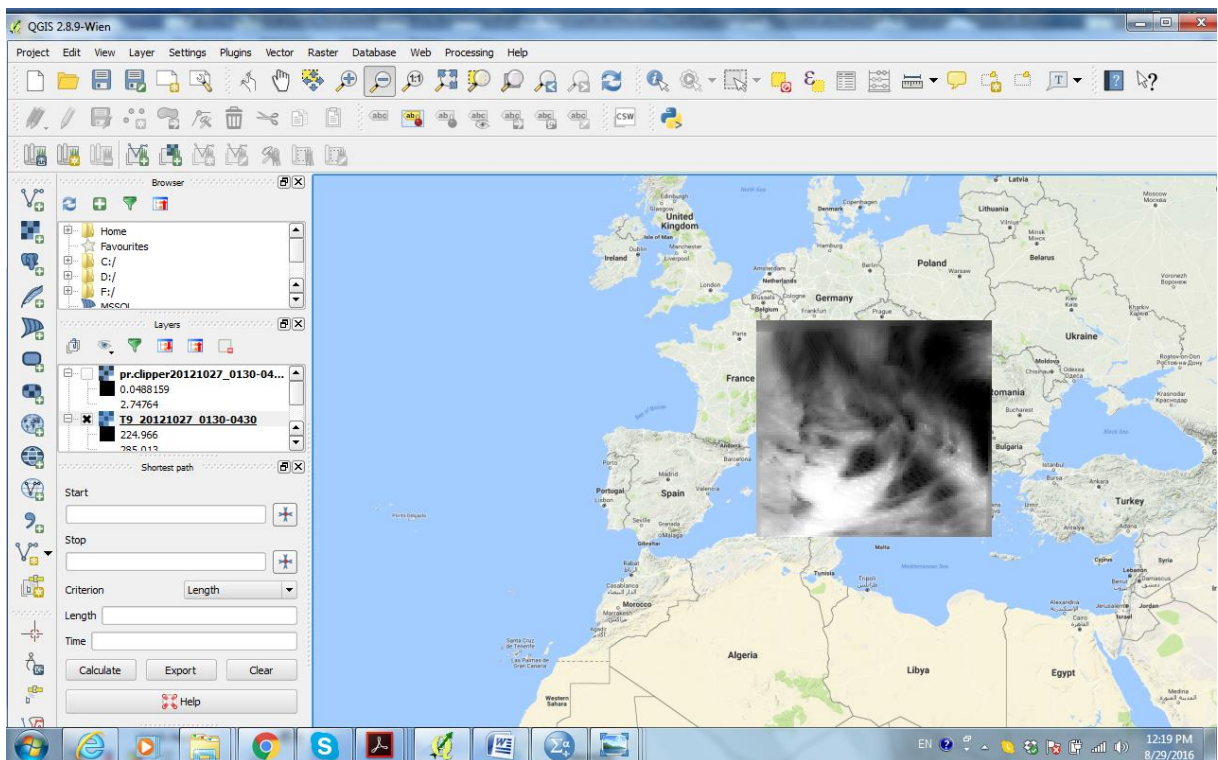
Εικόνα 3.11: Το vector αρχείο με τις θερμοκρασίες, μετά την κοπή του από το πολύγωνο κοπής που δημιουργήθηκε στην Φάση Α.



Εικόνα 3.12: Από το vector αρχείο με τις θερμοκρασίες και με την βοήθεια της επιλογής «interpolation» δημιουργείτε το raster αρχείο $T_{6,2\mu m}$. Το μέγεθος του εικονοστοιχείου που επιλέγεται είναι το 0,15.



Εικόνα 3.13: Το raster αρχείο της θερμοκρασίας $T_{6,2\mu m}$.

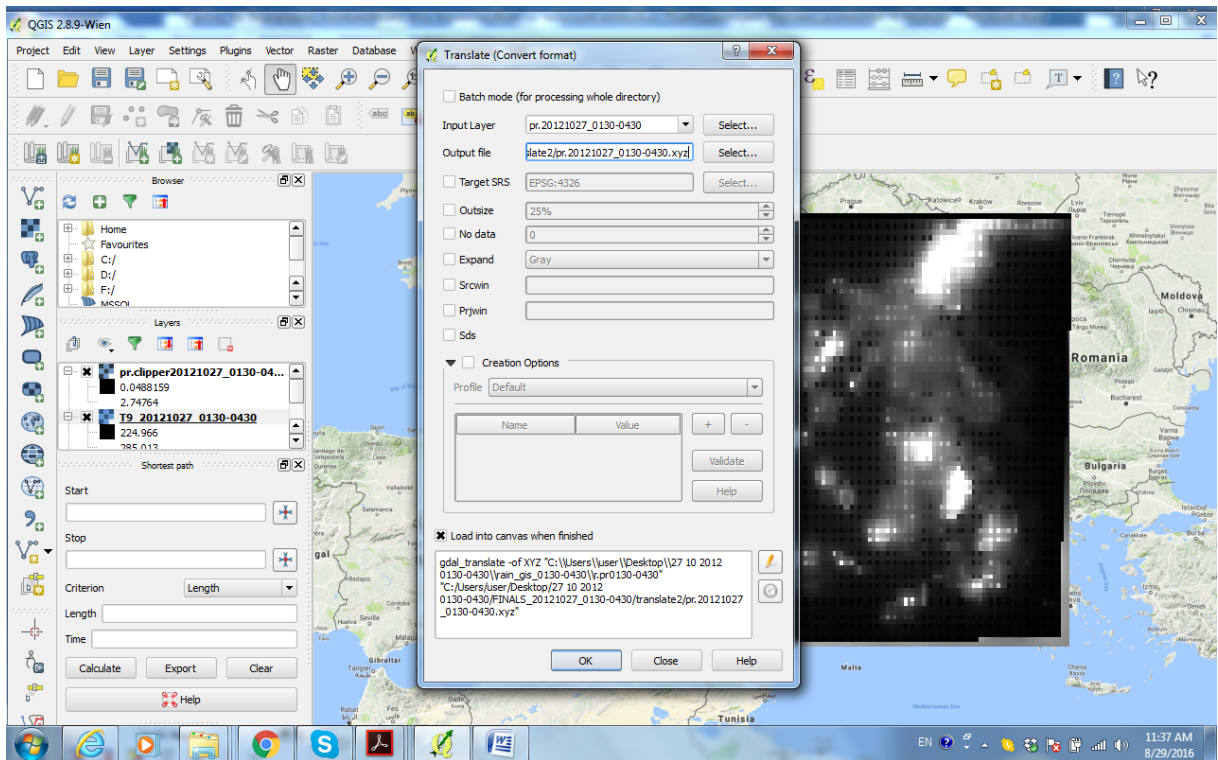


Εικόνα 3.14: Το raster αρχείο της θερμοκρασίας $T_{10,8\mu m}$

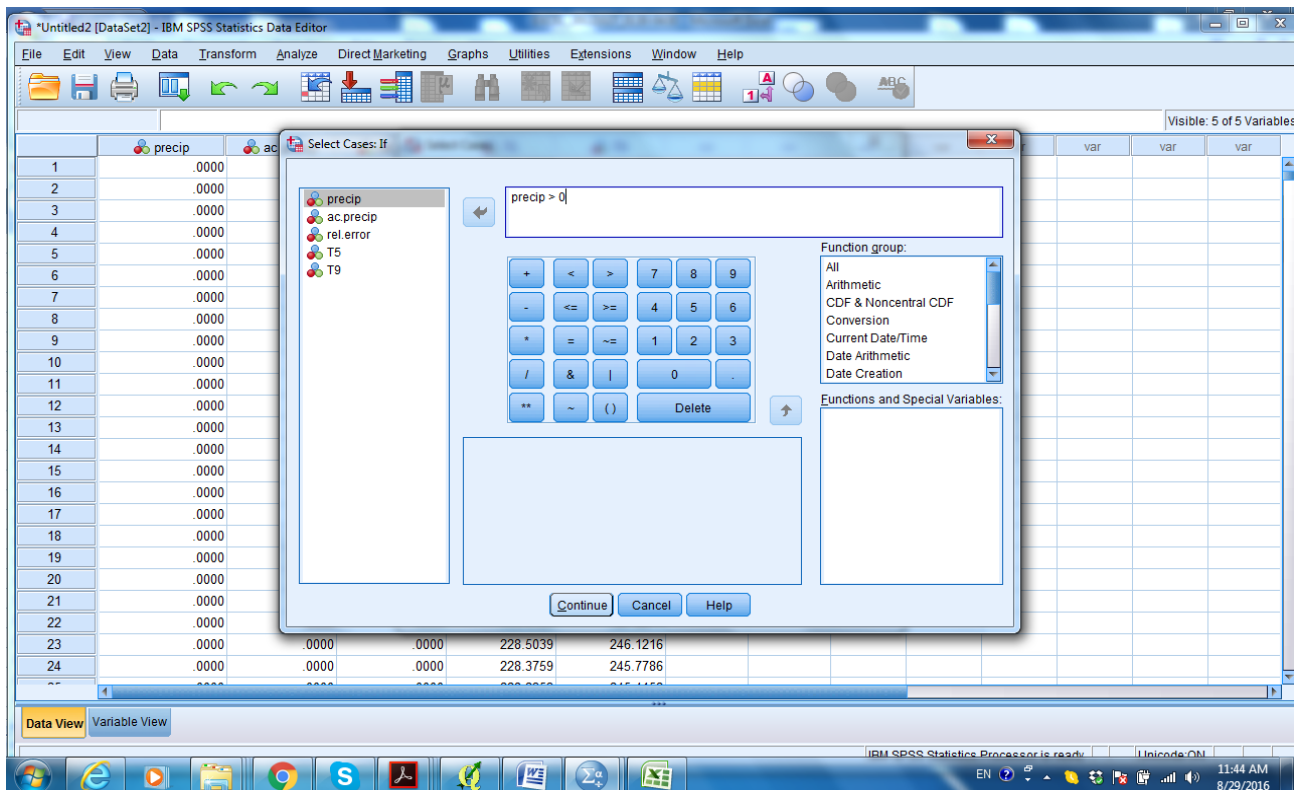
3.6.3. Φάση Γ'

- Τα raster αρχεία βροχοπτώσεων (precip. , ac.precip, rel.err) και θερμοκρασιών ($T_{6,2\mu m}$, $T_{10,8\mu m}$), που έχουν δημιουργηθεί σε κάθε φάση, μέσω της επιλογής «translate» του προγράμματος QGIS μετατρέπονται σε αρχεία ASCII Gridded XYZ και είναι αρχεία κειμένου (εικόνα 3.14).
- Τα αρχεία του προηγούμενου βήματος τοποθετούνται στην EXCEL για τα οποία για κάθε σημείο ταυτίζεται το γεωγραφικό πλάτος και μήκος. Έτσι επιβεβαιώνεται η χωρική αντιστοίχιση.
- Ακολούθως από την EXCEL επιλέγονται οι στήλες βροχοπτώσεων και θερμοκρασιών και τοποθετούνται στο Στατιστικό Πρόγραμμα SPSS.
- Εκεί μέσω της εντολής «if condition is satisfied» επιλέγεται η συνθήκη η βροχόπτωση να έχει μόνο θετικές τιμές (precip>0) (εικόνα 3.15). Έτσι ακυρώνονται οι γραμμές όπου η βροχόπτωση έχει μηδενική τιμή ή δεν παίρνει τιμή.
- Τέλος μέσω των εντολών «analyze» και «bivariate» επιλέχθηκαν όλοι οι παράμετροι και βρέθηκαν οι κυρίως δείκτες Pearson, με τους οποίους έγινε η συσχέτιση(εικόνα 3.16). Για σκοπούς εμβάθυνσης της στατιστικής ανάλυσης

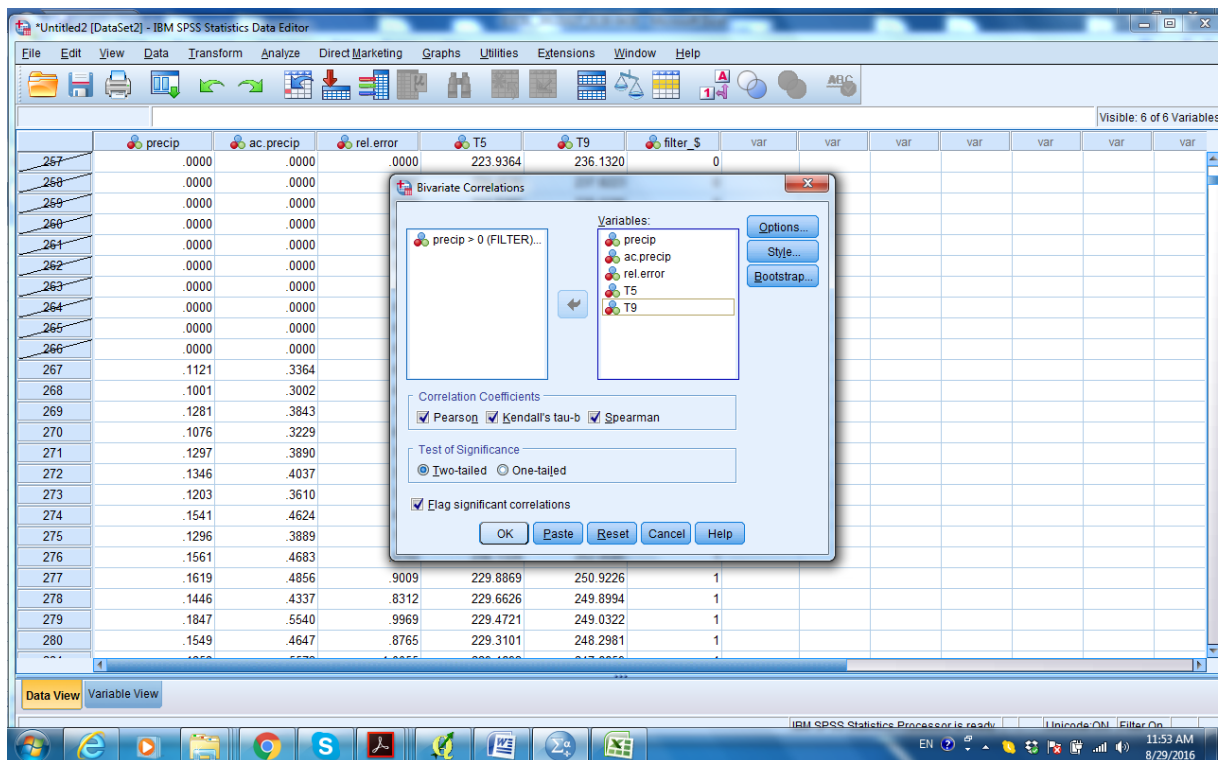
έχουν βρεθεί και οι συντελεστές συσχέτισης Kendall και Spearman, οι οποίοι τοποθετήθηκαν στο Παράρτημα Ι.



Εικόνα 3.14: Εντολή «translate» στο πρόγραμμα QGIS και δημιουργία αρχείων ASCII Gridded XYZ, για όλα τα τελικά raster αρχεία των Φάσεων Α' και Β'.



Εικόνα 3.15: Εισαγωγή δεδομένων στο στατιστικό πρόγραμμα SPSS, και επιλογή συνθήκης για θετική βροχόπτωση.



Εικόνα 3.16: Επιλογή παραμέτρων για συσχέτιση και εύρεση δεικτών με την εντολή «bivariate».

3.7 Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε μέσω του στατιστικού προγράμματος SPSS όπου χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης Pearson. Αυτός ο συντελεστής χρησιμοποιείται ως το κατάλληλο στατιστικό μέσο για την ανίχνευση της γραμμικής σχέσης δύο ποσοτικών μεταβλητών. Για να χρησιμοποιηθεί ο δείκτης Pearson προϋποθέτει πως οι τιμές των δύο μεταβλητών προέρχονται από κανονικούς πληθυσμούς. Οι τιμές που παίρνει αυτός ο δείκτης είναι μεταξύ του -1 και του 1. Θετική τιμή του συντελεστή Pearson εκφράζει ότι η άλλη μεταβλητή έχει την τάση να αυξάνεται. Αρνητική τιμή εκφράζει πως η άλλη μεταβλητή έχει την τάση να μειώνεται. Αν ο συντελεστής πάρει την τιμή μηδέν σημαίνει πως μεταξύ των μεταβλητών δεν υπάρχει γραμμική συσχέτιση (Statstutor,nd).

Σύμφωνα με τον Evans (1996) η απόλυτη τιμή αυτού του συντελεστή εκφράζει την συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών όπως φαίνεται πιο κάτω:

- ,00-,19 «πολύ ασθενής»
- ,20-,39 «ασθενής»
- ,40-,59 «μέτρια»
- ,60-,79 «ισχυρή»
- ,80-1,0 «πολύ ισχυρή»

Όσο αφορά τις συσχετίσεις θα μελετηθεί και το επίπεδο σημαντικότητας τους. Όταν η συσχέτιση είναι σημαντική σε επίπεδο 0,01 (1%) αυτό αναγράφεται κάτω από τον πίνακα συσχετίσεων που δημιουργεί το SPSS με δύο αστεράκια.

Επίσης για περαιτέρω μελέτη της συσχέτισης μεταξύ θερμοκρασίας και βροχόπτωσης θα επιλεγεί μια παράμετρος της θερμοκρασίας και θα μελετηθεί αν υπάρχουν καλύτερες συσχετίσεις κάποια τρίωρα του εικοσιτετράωρου.

Κεφάλαιο Τέταρτο

Αποτελέσματα

Το κεφάλαιο αυτό χωρίστηκε σε τρεις ενότητες. Η Πρώτη Ενότητα είναι τα αποτελέσματα της 27 Οκτωβρίου του 2012 για τα τρίωρα 22:30-01:30, 01:30-04:30, 04:30-07:30, 07:30-10:30, 16:30-19:30 και, 19:30-10:30. Η Δεύτερη Ενότητα είναι τα αντίστοιχα αποτελέσματα για την 28 Οκτωβρίου 2012 με τα αντίστοιχα τρίωρα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται υπό μορφή πινάκων για τις διάφορες παραμέτρους θερμοκρασίας και βροχόπτωσης που έχουν μελετηθεί μέσω του συντελεστή συσχέτισης Pearson. Για εμβάθυνσης της στατιστικής ανάλυσης της παρούσας διατριβής έχουν βρεθεί και οι συντελεστές συσχέτισης Kendall και Spearman, οι οποίοι έχουν τοποθετηθεί στο Παράρτημα Ι.

Ακολούθως στην Τρίτη Ενότητα έγινε διάγραμμα των τιμών των συσχετίσεων της θερμοκρασίας με την βροχόπτωση για κάθε τρίωρο μελέτης, για σκοπούς μελέτης της χρονικής παραμέτρου στο βαθμό της συσχέτισης.

4.1. Αποτελέσματα 27^{ης} Οκτωβρίου 2012

Σε αυτήν την υποενότητα παρατίθενται τα αποτελέσματα για την 27^η Οκτωβρίου του 2012, για τα τρίωρα που έχουν μελετηθεί, τα οποία τοποθετήθηκαν στους πίνακες 1- 6. Οι παράμετροι για τους οποίους μελετήθηκε η συσχέτιση τους είναι: ο ρυθμός βροχόπτωσης, η αθροιστική βροχόπτωση, το σχετικό σφάλμα, η θερμοκρασία για το κανάλι των 6,2μm (T6,2μm) και η θερμοκρασία για το κανάλι των 10,8μm (T10,8μm).

Η γενική τάση είναι πως υπάρχει αρνητική ασθενής συσχέτιση μεταξύ θερμοκρασίας και βροχόπτωσης. Αυτή η συσχέτιση είναι σημαντική στο επίπεδο 0,01.

Πίνακας 4.1: Συσχετίσεις Pearson για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T6,2μm , θερμοκρασία T10,8μm , για το τρίωρο 22:30-01:30 της 27.10.2012.

		Precipitation	ac_precip	rel_error	T _{6,2μm}	T _{10,8μm}
precipitation	Pearson Correlation	1	1.000**	.989**	-.207**	-.212**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000
	N	8600	8600	8600	8575	8575
ac_precip	Pearson Correlation	1.000**	1	.989**	-.207**	-.212**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000
	N	8600	8600	8600	8575	8575
rel_error	Pearson Correlation	.989**	.989**	1	-.252**	-.255**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000
	N	8600	8600	8600	8575	8575
T _{6,2μm}	Pearson Correlation	-.207**	-.207**	-.252**	1	.949**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000
	N	8575	8575	8575	8575	8575
T _{10,8μm}	Pearson Correlation	-.212**	-.212**	-.255**	.949**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	
	N	8575	8575	8575	8575	8575

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Από τον Πίνακα 4.1, στο τρίωρο που μελετάται οι τιμές θερμοκρασίας στο κανάλι των 10.8 μm (T_{10,8 μm}) σχετίζονται περισσότερο με τη βροχόπτωση από ότι αυτές στο κανάλι των 6.2 μm. Το είδος της συσχέτισης είναι αρνητικό που σημαίνει πως καθώς οι τιμές θερμοκρασίας πέφτουν (και άρα οι κορυφές των νεφών είναι πιο ψηλά στην τροπόσφαιρα), η βροχόπτωση αυξάνει.

Πίνακας 4.2: Συσχετίσεις Pearson για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T6,2μm , θερμοκρασία T10,8μm , για το τρίωρο 01:30-04:30 της 27.10.2012.

		precipitation	acum_precipitation	rel_error	T _{6,2μm}	T _{10,8μm}
precipitation	Pearson Correlation	1	1.000**	.987**	-.152**	-.143**

	Sig. (2-tailed)			.000	.000	.000	.000
	N	11197	11197	11197	11197	11145	11145
acum_precipitation	Pearson Correlation	1.000**	1	.987**	-.152**	-.143**	
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000	
	N	11197	11197	11197	11145	11145	
rel_error	Pearson Correlation	.987**	.987**	1	-.190**	-.185**	
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000	
	N	11197	11197	11197	11145	11145	
T _{6,2μm}	Pearson Correlation	-.152**	-.152**	-.190**	1	.949**	
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000	
	N	11145	11145	11145	11145	11145	
T _{10,8μm}	Pearson Correlation	-.143**	-.143**	-.185**	.949**	1	
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000		
	N	11145	11145	11145	11145	11145	

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Από τον Πίνακα 4.2, στο τρίωρο που μελετάται οι τιμές θερμοκρασίας στο κανάλι των 6.2 μm (T_{6,2 μm}) σχετίζονται περισσότερο με τη βροχόπτωση από ότι αυτές στο κανάλι των 10.8 μm. Το είδος της συσχέτισης είναι αρνητικό που σημαίνει πως καθώς οι τιμές θερμοκρασίας πέφτουν αυξάνονται τα επίπεδα υγρασίας στην ατμόσφαιρα, αυξάνεται η καταγιδοφόρος δράση των νεφών και ακολούθως αυξάνεται και η βροχόπτωση.

Πίνακας 4.3: Συσχετίσεις Pearson για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T_{6,2μm}, θερμοκρασία T_{10,8μm}, για το τρίωρο 04:30-07:30 της 27.10.2012.

		precip	acum_precip	rel_error	T _{6,2μm}	T _{10,8μm}
precip	Pearson Correlation	1	1.000**	.984**	-.089**	-.055**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000
	N	9746	9746	9746	9700	9700
acum_precip	Pearson Correlation	1.000**	1	.984**	-.089**	-.055**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000
	N	9746	9746	9746	9700	9700
rel_error	Pearson Correlation	.984**	.984**	1	-.144**	-.110**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000
	N	9746	9746	9746	9700	9700
T _{6,2μm}	Pearson Correlation	-.089**	-.089**	-.144**	1	.937**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000
	N	9700	9700	9700	9700	9700

T10,8 μ m	Pearson Correlation	-.055**	-.055**	-.110**	.937**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	
	N	9700	9700	9700	9700	9700

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Από τον Πίνακα 4.3, στο τρίωρο 04:30-07:30 οι τιμές θερμοκρασίας στο κανάλι των 6.2 μ m σχετίζονται περισσότερο με τη βροχόπτωση από ότι αυτές στο κανάλι των 10.8 μ m . Το είδος της συσχέτισης είναι αρνητικό, που σημαίνει πως καθώς οι τιμές θερμοκρασίας πέφτουν αυξάνεται η βροχόπτωση.

Πίνακας 4.4: Συσχετίσεις Pearson για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T6,2 μ m , θερμοκρασία T10,8 μ m , για το τρίωρο 07:30-10:30 της 27.10.2012

		precipit	ac.precip	rell.error	T6,2 μ m	T10,8 μ m
precipit	Pearson Correlation	1	1.000**	.988**	-.097**	-.129**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000
	N	11831	11831	11831	11825	11825
ac.precip	Pearson Correlation	1.000**	1	.988**	-.097**	-.129**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000
	N	11831	11831	11831	11825	11825
rell.error	Pearson Correlation	.988**	.988**	1	-.123**	-.156**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000
	N	11831	11831	11831	11825	11825
T6,2 μ m	Pearson Correlation	-.097**	-.097**	-.123**	1	.920**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000
	N	11825	11825	11825	11825	11825
T10,8 μ m	Pearson Correlation	-.129**	-.129**	-.156**	.920**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	
	N	11825	11825	11825	11825	11825

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Από τον Πίνακα 4.4, στο τρίωρο 07:30-10:30 της 27.10.2012 οι τιμές θερμοκρασίας στο κανάλι των 10,8 μ m έχουν καλύτερη συσχέτιση με τη βροχόπτωση από ότι αυτές στο κανάλι των 6,2 μ m. Η συσχέτιση τους είναι αρνητική, και αυτό σημαίνει πως καθώς οι τιμές θερμοκρασίας πέφτουν (λόγω αύξησης των νεφών στην τροπόσφαιρα), αυξάνεται η βροχόπτωση.

Πίνακας 4.5: Συσχετίσεις Pearson για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T_{6,2μm} , θερμοκρασία T_{10,8μm} , για το τρίωρο 16:30-19:30 της 27.10.2012.

		precipip	ac.precip	rel.error	T _{6,2μm}	T _{10,8μm}
precipip	Pearson Correlation	1	1.000**	.987**	-.252**	-.230**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000
	N	10138	10138	10138	10135	10135
ac.precip	Pearson Correlation	1.000**	1	.987**	-.252**	-.230**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000
	N	10138	10138	10138	10135	10135
rel.error	Pearson Correlation	.987**	.987**	1	-.280**	-.259**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000
	N	10138	10138	10138	10135	10135
T _{6,2μm}	Pearson Correlation	-.252**	-.252**	-.280**	1	.894**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000
	N	10135	10135	10135	10135	10135
T _{10,8μm}	Pearson Correlation	-.230**	-.230**	-.259**	.894**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	
	N	10135	10135	10135	10135	10135

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Από τον Πίνακα 4.5, στο τρίωρο που μελετάται οι τιμές θερμοκρασίας στο κανάλι των 6.2 μm σχετίζονται περισσότερο με τη βροχόπτωση από ότι αυτές στο κανάλι των 10.8 μm . Το είδος της συσχέτισης είναι αρνητικό, που σημαίνει πως καθώς οι τιμές θερμοκρασίας πέφτουν αυξάνεται η βροχόπτωση.

Πίνακας 4.6: Συσχετίσεις Pearson για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T_{6,2μm} , θερμοκρασία T_{10,8μm} , για το τρίωρο 19:30-22:30 της 27.10.2012.

		precip	ac.precip	rel.error	T _{6,2μm}	T _{10,8μm}
precip	Pearson Correlation	1	1.000**	.969**	-.201**	-.097**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000
	N	6494	6494	6494	6494	6494
ac.precip	Pearson Correlation	1.000**	1	.969**	-.201**	-.097**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000

	N	6494	6494	6494	6494	6494
rel.error	Pearson Correlation	.969**	.969**	1	-.304**	-.188**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000
	N	6494	6494	6494	6494	6494
T _{6,2μm}	Pearson Correlation	-.201**	-.201**	-.304**	1	.886**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000
	N	6494	6494	6494	6494	6494
T _{10,8μm}	Pearson Correlation	-.097**	-.097**	-.188**	.886**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	
	N	6494	6494	6494	6494	6494

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Από τον Πίνακα 4.6, στο τρίωρο που μελετάται, προκύπτει πως οι τιμές θερμοκρασίας στο κανάλι των 6.2 μm σχετίζονται περισσότερο με τη βροχόπτωση από ότι αυτές στο κανάλι των 10.8 μm. Η συσχέτιση των παραμέτρων είναι αρνητική, δηλαδή καθώς οι τιμές θερμοκρασίας των νεφών πέφτουν λόγω αύξησης της υγρασίας του αέρα αυξάνεται η βροχόπτωση.

4.2. Αποτελέσματα 28^{ης} Οκτωβρίου 2012

Σε αυτήν την υποενότητα παρατίθενται τα αποτελέσματα για την 28^η Οκτωβρίου του 2012, για τα τρίωρα που έχουν μελετηθεί, τα οποία τοποθετήθηκαν στους πίνακες 4.7-12. Οι παράμετροι για τους οποίους μελετήθηκε η συσχέτιση τους είναι: ο ρυθμός βροχόπτωσης, η αθροιστική βροχόπτωση, το σχετικό σφάλμα, η θερμοκρασία για το κανάλι των 6,2μm (T_{6,2μm}) και η θερμοκρασία για το κανάλι των 10,8μm (T_{10,8μm}).

Πίνακας 4.7: Συσχετίσεις Pearson για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T_{6,2μm} , θερμοκρασία T_{10,8μm} , για το τρίωρο 22:30-01:30 της 28.10.2012.

		precip	ac.precip	rel.error	T _{6,2μm}	T _{10,8μm}
precip	Pearson Correlation	1	1.000**	.965**	-.204**	-.290**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000
	N	11623	11623	11623	11534	11534
ac.precip	Pearson Correlation	1.000**	1	.965**	-.204**	-.290**

	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000
	N	11623	11623	11623	11534	11534
rel.error	Pearson Correlation	.965**	.965**	1	-.245**	-.358**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000
	N	11623	11623	11623	11534	11534
T _{6,2μm}	Pearson Correlation	-.204**	-.204**	-.245**	1	.877**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000
	N	11534	11534	11534	11534	11534
T _{10,8μm}	Pearson Correlation	-.290**	-.290**	-.358**	.877**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	
	N	11534	11534	11534	11534	11534

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Από τον Πίνακα 4.7, στο τρίωρο που μελετάται οι τιμές θερμοκρασίας στο κανάλι των 10.8 μm (T_{10,8 μm}) σχετίζονται περισσότερο με τη βροχόπτωση από ότι αυτές στο κανάλι των 6.2 μm. Το είδος της συσχέτισης είναι αρνητικό που σημαίνει πως καθώς οι τιμές θερμοκρασίας πέφτουν (και άρα οι κορυφές των νεφών είναι πιο ψηλά στην τροπόσφαιρα), η βροχόπτωση αυξάνει.

Πίνακας 4.8: Συσχετίσεις Pearson για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T_{6,2μm} , θερμοκρασία T_{10,8μm} , για το τρίωρο 01:30-04:30 της 28.10.2012.

		precipitation	ac.precip	rell.error	T _{6,2μm}	T _{10,8μm}
precipitation	Pearson Correlation	1	1.000**	-.017	-.226**	-.295**
	Sig. (2-tailed)		.000	.163	.000	.000
	N	6477	6477	6477	6463	6463
ac.precip	Pearson Correlation	1.000**	1	-.017	-.226**	-.295**
	Sig. (2-tailed)	.000		.163	.000	.000
	N	6477	6477	6477	6463	6463
rell.error	Pearson Correlation	-.017	-.017	1	.012	.009
	Sig. (2-tailed)	.163	.163		.333	.471
	N	6477	6477	6477	6463	6463
T _{6,2μm}	Pearson Correlation	-.226**	-.226**	.012	1	.625**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.333		.000
	N	6463	6463	6463	6463	6463
T _{10,8μm}	Pearson Correlation	-.295**	-.295**	.009	.625**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.471	.000	

N	6463	6463	6463	6463	6463
---	------	------	------	------	------

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Από τον Πίνακα 4.8, στο τρίωρο 01:30-04:30 της 28.10.2012 οι τιμές θερμοκρασίας στο κανάλι των 10,8 μm έχουν καλύτερη συσχέτιση με τη βροχόπτωση από ότι αυτές στο κανάλι των 6,2 μm. Η συσχέτιση τους είναι αρνητική, και αυτό σημαίνει πως καθώς οι τιμές θερμοκρασίας πέφτουν (λόγω αύξησης των νεφών στην τροπόσφαιρα), αυξάνεται η βροχόπτωση.

Πίνακας 4.9: Συσχετίσεις Pearson για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T_{6,2μm}, θερμοκρασία T_{10,8μm}, για το τρίωρο 04:30-07:30 της 28.10.2012.

		precip	ac.precip	rel.error	T _{6,2μm}	T _{10,8μm}
precip	Pearson Correlation	1	.001	.001	.010	.034*
	Sig. (2-tailed)		.966	.964	.491	.018
	N	4723	4723	4723	4723	4723
ac.precip	Pearson Correlation	.001	1	1.000**	-.006	-.013
	Sig. (2-tailed)	.966		.000	.667	.360
	N	4723	4723	4723	4723	4723
rel.error	Pearson Correlation	.001	1.000**	1	-.006	-.013
	Sig. (2-tailed)	.964	.000		.695	.370
	N	4723	4723	4723	4723	4723
T _{6,2μm}	Pearson Correlation	.010	-.006	-.006	1	.799**
	Sig. (2-tailed)	.491	.667	.695		.000
	N	4723	4723	4723	4723	4723
T _{10,8μm}	Pearson Correlation	.034*	-.013	-.013	.799**	1
	Sig. (2-tailed)	.018	.360	.370	.000	
	N	4723	4723	4723	4723	4723

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Από τον Πίνακα 4.9, στο τρίωρο 04:30-07:30 της 28.10.2012 οι τιμές θερμοκρασίας έχουν πολύ ασθενή συσχέτιση με τη βροχόπτωση. Συγκεκριμένα ο ρυθμός βροχόπτωσης συσχετίζεται θετικά με τις θερμοκρασίες, ενώ η αθροιστική βροχόπτωση συσχετίζεται αρνητικά. Τα αποτελέσματα αυτού του τριώρου δεν έχουν στατιστική αξία της τάξης του 0,01 όπως τα μέχρι στιγμής αναφερόμενα τριώρα.

Πίνακας 4.10: Συσχετίσεις Pearson για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T_{6,2μm} , θερμοκρασία T_{10,8μm} , για το τρίωρο 07:30-10:30 της 28.10.2012

		precip	ac.precip	rel.error	T _{6,2μm}	T _{10,8μm}
precip	Pearson Correlation	1	.637**	.990**	-.455**	-.413**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000
	N	6185	6185	6185	6100	6100
ac.precip	Pearson Correlation	.637**	1	.640**	-.265**	-.216**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000
	N	6185	6185	6185	6100	6100
rel.error	Pearson Correlation	.990**	.640**	1	-.485**	-.438**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000
	N	6185	6185	6185	6100	6100
T _{6,2μm}	Pearson Correlation	-.455**	-.265**	-.485**	1	.708**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000
	N	6100	6100	6100	6100	6100
T _{10,8μm}	Pearson Correlation	-.413**	-.216**	-.438**	.708**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	
	N	6100	6100	6100	6100	6100

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Από τον Πίνακα 4.10, στο τρίωρο που μελετάται, προκύπτει πως οι τιμές θερμοκρασίας στο κανάλι των 6.2 μm σχετίζονται περισσότερο με τη βροχόπτωση από ότι αυτές στο κανάλι των 10.8 μm. Η συσχέτιση των παραμέτρων είναι αρνητική, δηλαδή καθώς οι τιμές θερμοκρασίας των νεφών πέφτουν λόγω αύξησης της υγρασίας του αέρα αυξάνεται η βροχόπτωση.

Πίνακας 4.11: Συσχετίσεις Pearson για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T_{6,2μm} , θερμοκρασία T_{10,8μm} , για το τρίωρο 16:30-19:30 της 28.10.2012.

		precip	ac.precip	rel.error	T _{6,2μm}	T _{10,8μm}
precip	Pearson Correlation	1	1.000**	.990**	-.140**	-.160**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000
	N	9248	9248	9248	9248	9248
ac.precip	Pearson Correlation	1.000**	1	.990**	-.140**	-.160**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000
	N	9248	9248	9248	9248	9248
rel.error	Pearson Correlation	.990**	.990**	1	-.147**	-.171**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000

	N	9248	9248	9248	9248	9248
T _{6,2μm}	Pearson Correlation	-.140**	-.140**	-.147**	1	.865**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000
	N	9248	9248	9248	9248	9248
T _{10,8μm}	Pearson Correlation	-.160**	-.160**	-.171**	.865**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	
	N	9248	9248	9248	9248	9248

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Από τον Πίνακα 4.11, στο τρίωρο που μελετάται οι τιμές θερμοκρασίας στο κανάλι των 10.8 μm (T_{10,8 μm}) σχετίζονται περισσότερο με τη βροχόπτωση από ότι αυτές στο κανάλι των 6.2 μm. Το είδος της συσχέτισης είναι αρνητικό που σημαίνει πως καθώς οι τιμές θερμοκρασίας πέφτουν (και άρα οι κορυφές των νεφών είναι πιο ψηλά στην τροπόσφαιρα), η βροχόπτωση αυξάνει.

Πίνακας 4.12: Συσχετίσεις Pearson για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T_{6,2μm} , θερμοκρασία T_{10,8μm} , για το τρίωρο 19:30-22:30 της 28.10.2012.

		precip	ac.precip	rel.error	T _{6,2μm}	T _{10,8μm}
precip	Pearson Correlation	1	1.000**	.991**	.022*	-.015
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.049	.184
	N	7984	7984	7984	7890	7890
ac.precip	Pearson Correlation	1.000**	1	.991**	.022*	-.015
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.049	.184
	N	7984	7984	7984	7890	7890
rel.error	Pearson Correlation	.991**	.991**	1	.024*	-.015
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.032	.169
	N	7984	7984	7984	7890	7890
T _{6,2μm}	Pearson Correlation	.022*	.022*	.024*	1	.897**
	Sig. (2-tailed)	.049	.049	.032		.000
	N	7890	7890	7890	7890	7890
T _{10,8μm}	Pearson Correlation	-.015	-.015	-.015	.897**	1
	Sig. (2-tailed)	.184	.184	.169	.000	
	N	7890	7890	7890	7890	7890

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Από τον Πίνακα 4.12, στο τρίωρο που μελετάται παρατηρείται ότι οι τιμές θερμοκρασίας στο κανάλι των 6,2 μm ($T_{6,2 \mu m}$) σχετίζονται περισσότερο με τη βροχόπτωση από ότι αυτές στο κανάλι των 10,8 μm. Η συσχέτιση τους είναι θετική. Τα αποτελέσματα αυτού του τρίωρου δεν έχουν στατιστική αξία της τάξης του 0,01 όπως τα υπόλοιπα αναφερόμενα τρίωρα, εκτός του τρίωρου 04:30-07:30 της ίδιας ημέρας, που αναφέρθηκε στον Πίνακα 9.

4.3. Συσχετίσεις Pearson

Σε αυτήν την ενότητα έχουν τοποθετηθεί οι συντελεστές συσχέτισης κατά Pearson (r) για κάθε παράμετρο της θερμοκρασίας για τα κανάλια 6,2μm και 10,8μm στον Πίνακα 4.13 με σκοπό την μελέτη της χρονικής εξάρτησης του δείκτη κατά την διάρκεια του εικοσιτετράωρου.

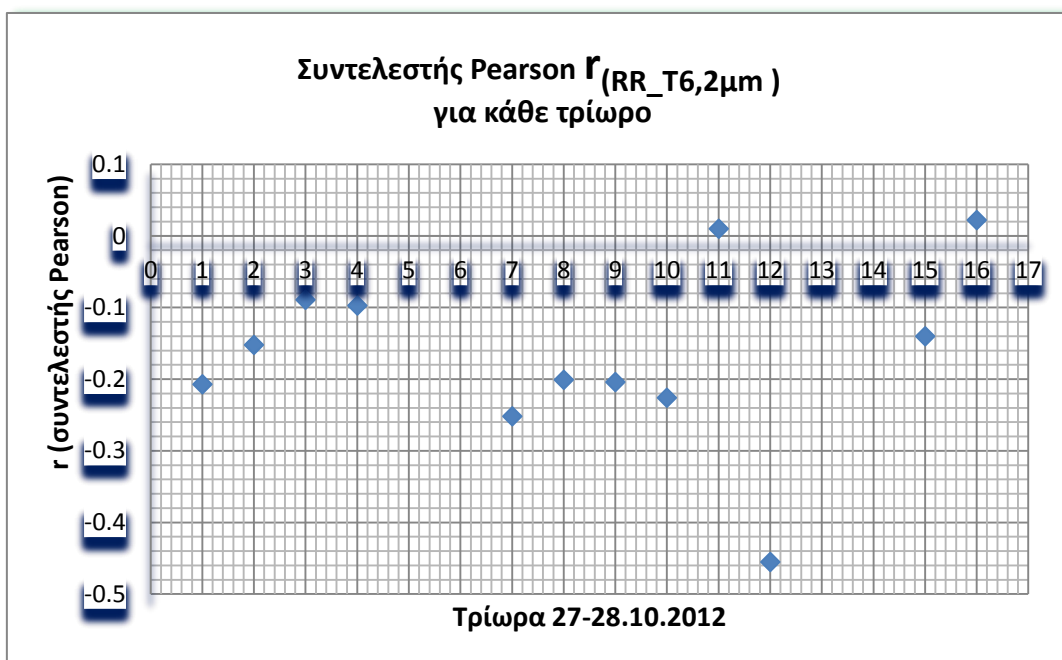
Πίνακας 4.13: Χρονική εξέλιξη συντελεστών συσχέτισης r , ρυθμού βροχόπτωσης με τις θερμοκρασίες $T_{6,2\mu m}$ και $T_{10,8\mu m}$.

date	Αριθμός τρίωρου	time	$r_{(RR_{T6,2\mu m})}$	$r_{(RR_{T10,8\mu m})}$
27.10.2012	1	22:30-01:30	-0.207**	-0.212**
	2	01:30-04:30	-0.152**	-0.143**
	3	04:30-07:30	-0.089**	-0.055**
	4	07:30-10:30	-0.097**	-0.129**
	5	10:30-13:30	No data	No data
	6	13:30-16:30	No data	No data
	7	16:30-19:30	-0.252**	-0.23**
	8	19:30-22:30	-0.201**	-0.097**
28.10.2012	9	22:30-01:30	-0.204**	-0.29**
	10	01:30-04:30	-0.226**	-0.295**
	11	04:30-07:30	0.01	-0.034*
	12	07:30-10:30	-0.455**	-0.413**
	13	10:30-13:30	No data	No data
	14	13:30-16:30	No data	No data
	15	16:30-19:30	-0.14**	-0.16**
	16	19:30-10:30	0.022*	-0.015

Στον Πίνακα 4.13, παρατηρείται ότι δεν υπάρχει κάποιο κανάλι που οι τιμές θερμοκρασίας του να σχετίζονται περισσότερο με την βροχόπτωση σε σχέση με το άλλο. Επίσης, παρατηρείται

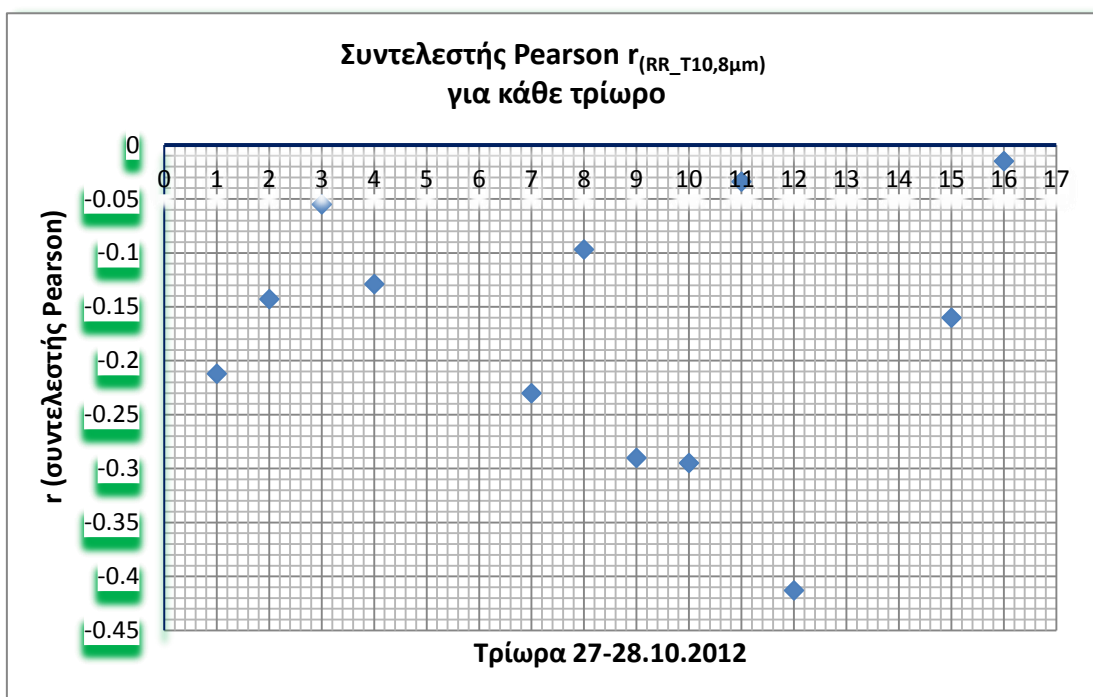
ότι γενικά τις βραδινές ώρες το κανάλι των 10.8 μm σχετίζεται περισσότερο με τη βροχόπτωση ενώ τις πρωινές και απογευματινές ώρες υπερτερεί το κανάλι των 6.2 μm

Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι η πλειοψηφία των συντελεστών συσχέτισης είναι στατιστικώς σημαντικοί σε επίπεδο 99%



Διάγραμμα 4.1: Ο συντελεστής Pearson $r_{(RR_T6,2\mu\text{m})}$ συναρτήσει των τριώρων. Το πρώτο τρίωρο αναφέρεται στο χρονικό διάστημα 22:30-01:30 της 26^{ης} με 27^{ης} Οκτωβρίου 2012, ακολουθεί το 2^ο τρίωρο το οποίο αναφέρεται στο χρονικό διάστημα 01:30-04:30 της 27^{ης} Οκτωβρίου Κ.Ο.Κ. Τελευταίο τρίωρο που είναι το 16^ο τρίωρο και το οποίο αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα 19:30-10:30 της 28^{ης} Οκτωβρίου 2012. Για τα τρίωρα 10:30-13:30, 13:30-16:30 και των δύο ημερών μελέτης δεν υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα θερμοκρασίας και έτσι δεν έχουν μελετηθεί.

Στο διάγραμμα 4.1 απεικονίζεται συντελεστής Pearson ρυθμού βροχόπτωσης με την θερμοκρασία $T_{6,2\mu\text{m}}$ συνάρτηση των τριώρων μελέτης. Γενικά παρατηρείται ότι οι τιμές που παίρνει ο συντελεστής συσχέτισης είναι στην πλειοψηφία τους αρνητικές και κοντά στο -0,2. Καλύτερες συσχετίσεις βρίσκονται στα τρίωρα, 1, 7-10, 12.



Διάγραμμα 4.2: Ο συντελεστής Pearson $r_{(RR_T10,8\mu m)}$ συναρτήσεως των τριώρων. Το πρώτο τρίωρο αναφέρεται στο χρονικό διάστημα 22:30-01:30 της 26^{ης} με 27^{ης} Οκτωβρίου 2012, ακολουθεί το 2^ο τρίωρο το οποίο αναφέρεται στο χρονικό διάστημα 01:30-04:30 της 27^{ης} Οκτωβρίου κ.ο.κ. Τελευταίο τρίωρο είναι το 16^ο τρίωρο το οποίο και αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα 19:30-10:30 της 28^{ης} Οκτωβρίου 2012.

Στο διάγραμμα 4.2 απεικονίζεται συντελεστής Pearson ρυθμού βροχόπτωσης με την θερμοκρασία $T_{10,8\mu m}$ συναρτήσεως των τριώρων μελέτης. Γενικά παρατηρείται ότι οι τιμές που παίρνει ο συντελεστής συσχέτισης είναι στην πλειοψηφία τους αρνητικές από -0,05 μέχρι -0,4. Καλύτερες συσχετίσεις βρίσκονται στα τρίωρα, 1, 9,10,12,15.

Συγκρίνοντας τα δύο διαγράμματα, παρατηρείται ότι γενικά τις βραδινές ώρες (τρίωρα 1,9,10) το κανάλι των 10.8 μm (διάγραμμα 4.2) σχετίζεται περισσότερο με τη βροχόπτωση ενώ τις πρωινές ώρες (τρίωρα 2, 3, 12) και απογευματινές ώρες (τρίωρα 7,8) υπερτερεί το κανάλι των 6.2 μm (διάγραμμα 4.1).

Κεφάλαιο 5

Συζήτηση – Συμπεράσματα – Εισηγήσεις

Σε αυτό το κεφάλαιο εξάχθηκαν τα αποτελέσματα της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής και έγινε συζήτηση τους. Αναφέρθηκε που βρίσκονται οι περιορισμοί της και δόθηκαν εισηγήσεις για περαιτέρω έρευνα σε μελλοντικές εργασίες.

5.1. Συζήτηση

Για το τρίωρο 22:30-01:30 της 27.10.2012 (τρίωρο 1) υπάρχει ασθενής αρνητική συσχέτιση του ρυθμού βροχόπτωσης με τις θερμοκρασίες για τα κανάλια $T_{6,2\mu m}$, $T_{10,8\mu m}$ με τιμές r να ισούται με $-0,207$ και $-0,212$ αντίστοιχα. Αυτή η συσχέτιση έχει αξία στατιστικά σημαντική στο επίπεδο $0,01$. Ο ρυθμός βροχόπτωσης ταυτίζεται απόλυτα με την αθροιστική βροχόπτωση έχοντας τον συντελεστή συσχέτισης Pearson να ισούται με 1 .

Για την ίδια ημέρα για το τρίωρο 16:30-19:30 (τρίωρο 7) βρίσκεται επίσης ασθενής αρνητική συσχέτιση ρυθμού βροχόπτωσης με τις θερμοκρασίες $T_{6,2\mu m}$, $T_{10,8\mu m}$ με τιμές συσχέτισης $r=-0,252$ και $r=-0,230$ αντίστοιχα. Αυτές οι συσχετίσεις έχουν στατιστική αξία στο επίπεδο $0,01$. Οι ίδιες τιμές συσχετίσεων ισχύουν και για την αθροιστική βροχόπτωση, με τις θερμοκρασίες ενώ για το σχετικό σφάλμα ισχύουν ελαφρώς πιο ψηλές συσχετίσεις. Όλες οι συσχετίσεις είναι στατιστικά σημαντικές στο επίπεδο $0,01$.

Ακολουθως για την 27.10.2012 το τρίωρο 19:30-22:30 (τρίωρο 8) βρίσκει την συσχέτιση μεταξύ $T_{6,2\mu m}$ και ρυθμού βροχόπτωσης να παίρνει τιμή -0,201 και να έχει πάλι αρνητική συσχέτιση μεταξύ των υπό μελέτη παραμέτρων. Σε αυτό το τρίωρο η συσχέτιση μεταξύ του ρυθμού της βροχόπτωσης και της $T_{6,2\mu m}$ είναι καλύτερη παρά της $T_{10,8\mu m}$ που είναι πολύ ασθενής. Αυτή η συσχέτιση έχει αξία στατιστικά σημαντική στο επίπεδο 0,01.

Όσο αφορά το ενδιάμεσο τρίωρο μεταξύ των δύο ημερών (τρίωρο 9) βρέθηκε καλύτερη συσχέτιση της θερμοκρασίας $T_{10,8\mu m}$ σε σχέση με το ρυθμό της βροχόπτωσης, που ήταν ασθενής και αρνητική της τάξης του 0,290 παρά για τη συσχέτιση μεταξύ $T_{6,2\mu m}$ και ρυθμού βροχόπτωσης που ήταν -0,204.

Σε συνέχεια του προηγούμενου τριώρου, το τρίωρο 01:30-04:30 της 28.10.2012 (τρίωρο 10) έχει επίσης καλύτερη συσχέτιση της θερμοκρασίας $T_{10,8\mu m}$ παρά της $T_{6,2\mu m}$, και είναι αρνητική ασθενής συσχέτιση. Ο συντελεστής Pearson για την θερμοκρασία $T_{10,8\mu m}$ και την βροχόπτωση βρέθηκε -0,295, σε σχέση με τον αντίστοιχο για την $T_{10,8\mu m}$ που βρέθηκε -0,226.

Στο τρίωρο 07:30-10:30 της 28.10.2012 (τρίωρο 12) έχουν βρεθεί οι καλύτερες συσχετίσεις Pearson αυτής της διπλωματικής εργασίας οι οποίες χαρακτηρίζονται ως αρνητικά μέτριες συσχετίσεις. Ο συντελεστής Pearson για την θερμοκρασία $T_{6,2\mu m}$ και τον ρυθμό της βροχόπτωσης βρέθηκε -0,455, σε σχέση με τον αντίστοιχο για την $T_{10,8\mu m}$ που βρέθηκε -0,413. Τα αποτελέσματα είναι στατιστικώς σημαντικά στο επίπεδο 0,01. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε αυτό το τρίωρο διαφοροποιείτε ο συντελεστής συσχέτισης της αθροιστικής βροχόπτωσης με τις θερμοκρασίες. Επίσης η συσχέτιση μεταξύ βροχοπτώσεων (ρυθμού βροχόπτωσης και αθροιστικής) είναι ισχυρή μεν, με δείκτη συσχέτισης 0,637, αλλά δεν ταυτίζονται όπως συνέβαινε σε κάποια άλλα τρίωρα.

Επίσης όσο αφορά την Γ φάση των αποτελεσμάτων φαίνεται ότι για την πρώτη ημέρα παρατήρησης υπήρχαν πιο ισχυρές συσχετίσεις για τις βραδινές ώρες 22:30 μέχρι 04:30 της επόμενης ημέρας, και το οποίο ακολούθησε και τη επόμενη ημέρα, αυτήν την φορά και από τις απογευματινές ώρες δηλαδή από τις 16:30 μέχρι τις 04:30.

Οι αρνητικές ασθενείς συσχετίσεις της παρούσας διπλωματικής εργασίας έρχονται σε συμφωνία με την εργασία των Maathuis et.al. (2006) οι οποίοι χρησιμοποίησαν το κανάλι των 10,8 μm του δορυφόρου Meteosat -8 συσχετίζοντας τη θερμοκρασία λαμπρότητας του με τα δεδομένα βροχόπτωσης από τον δορυφόρο TRMM. Για κάθε τοποθεσία για το ίδιο χρονικό διάστημα βρέθηκε συσχέτιση -0,445, δείχνοντας έτσι την γενική τάση πως

μειώσεις των θερμοκρασιών των συννέφων έχουν ως αποτέλεσμα αύξησης της έντασης της βροχόπτωσης. Τα κανάλια των 0,6 και 0,8μm του δορυφόρου Meteosat Δεύτερης Γενιάς μελέτησαν οι Huhneil et al. (2010) και αφού ανέλυσαν τη σχέση τους με το ρυθμό της βροχόπτωσης που βασίζονταν σε δεδομένα εδάφους, αποκαλύφτηκε ψηλή συσχέτιση μεταξύ του σήματος του δορυφόρου και του ρυθμού της βροχόπτωσης.

Από την άλλη οι Behrangi et al. (2009) έδειξαν πως η υπόθεση πως ο ρυθμός της βροχόπτωσης αυξάνεται μονοτονικά όσο η θερμοκρασία των νεφών μειώνεται δεν ισχύει πάντα. Μελετώντας υποθετικά σενάρια 10 καναλιών από τα 12 του οργάνου SEVIRI του δορυφόρου Meteosat Δεύτερης Γενιάς, και συγκεκριμένα τα κανάλια 0,6μm, 0,8 μm, 1,6 μm, 6,2 μm, 7,35 μm, 8,7 μm, 9,7 μm, 10,8 μm, 12 μm, 13,4 μm, έδειξαν πως ένα σχετικά ζεστό και πυκνό σύννεφο ψηλής ανακλαστικότητας μπορεί να παράξει ουσιώδη βροχόπτωση, και από την άλλη σε κάποιες περιπτώσεις, δεν παρατηρήθηκαν σχεδόν καθόλου βροχοπτώσεις όταν ψυχρά σύννεφα έχουν χαμηλή ανακλαστικότητα. Στα συμπεράσματα τους ήταν πως τα κανάλια των 0,6 και 0,8μm προσθέτουν σημαντικές πληροφορίες κυρίως σχετικά με το πάχος των συννέφων, και σε προσπάθειες πρόβλεψης του ρυθμού της βροχόπτωσης έχουν σημαντικό ρόλο. Επιπλέον και τα άλλα κανάλια του φάσματος φάνηκαν χρήσιμα για την βελτίωση των ικανοτήτων του συγκεκριμένου αλγόριθμου που όμως όταν δεν συνυπάρχουν με τα κανάλια των 0,6 και 0,8μm, στην περίπτωση της νύχτας, παύουν να είναι τόσο χρήσιμα. Σε όλα τα σενάρια, ημέρας και νύχτας, τα κανάλια των υδρατμών (6,2 μm, ή 7,35 μm)φάνηκαν χρήσιμο.

5.2. Συμπεράσματα

Στα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής βρέθηκε πως υπάρχει ασθενής αρνητική συσχέτιση μεταξύ των βροχοπτώσεων και των θερμοκρασιών. Έτσι ερμηνεύεται πως όσο μειωνόταν η θερμοκρασία των νεφών η βροχόπτωση αυξανόταν (Kidd et. Al. 2003). Δεν βρέθηκαν σημαντικές αποκλίσεις στην εξέταση της αθροιστικής βροχόπτωσης με του ρυθμού της βροχόπτωσης, αλλά και ούτε και σημαντικές διαφορές στις θερμοκρασίες $T_{6,2\mu m}$, $T_{10,8\mu m}$.

Επιπλέον έχει παρατηρηθεί ότι δεν υπάρχει κάποιο κανάλι που οι τιμές θερμοκρασίας του να σχετίζονται περισσότερο με την βροχόπτωση σε σχέση με το άλλο. Όσο αφορά την χρονική συσχέτιση μεταξύ θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για κάποιες ώρες του εικοσιτετράωρου παρατηρήθηκε πως γενικά τις βραδινές ώρες το κανάλι των 10.8 μm

σχετίζεται περισσότερο με τη βροχόπτωση ενώ τις πρωινές και απογευματινές ώρες υπερτερεί το κανάλι των 6.2 μm.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι η πλειοψηφία των συντελεστών συσχέτισης είναι στατιστικώς σημαντικοί σε επίπεδο 99% (πίνακας 4.13) και επίσης το είδος της συσχέτισης είναι αρνητική το οποίο επιβεβαιώνει το γεγονός ότι καθώς οι θερμοκρασίες των κορυφών των νεφών μειώνονται και άρα το νέφος έχει αναπτυχθεί κατακόρυφα, φθάνοντας ψηλά στην τροπόσφαιρα, είναι δυνατό να εκδηλώσει μεγαλύτερα ύψη βροχόπτωσης.

5.3. Περιορισμοί μελέτης - Εισηγήσεις

Στην παρούσα διπλωματική διατριβή έχουν εξαχθεί στατιστικώς σημαντικά αποτελέσματα που αφορούν τις συσχετίσεις μεταξύ θερμοκρασιών και βροχοπτώσεων, για τις υπό μελέτη ημέρες στην περιοχή της Μεσογείου, αλλά και έχουν εξαχθεί συμπεράσματα που αφορούσαν την χρονική συσχέτιση των υπό μελέτη παραμέτρων καθόλην την διάρκεια του εικοσιτετράωρου.

Οι ασθενείς συσχετίσεις που γενικά παρατηρήθηκαν αναδεικνύουν ότι η μελέτη της βροχόπτωσης είναι πολυσύνθετη και απαιτούνται περισσότερες παράμετροι (Wolters, Hurk και Roebeling, 2011) ώστε να μπορέσουν να δημιουργηθούν στατιστικές σχέσεις που να οδηγούνε στην εκτίμηση της , ιδίως σε περιπτώσεις όπου τα αίτια δημιουργίας των νεφών προκύπτουν από βαρομετρικά συστήματα τα οποία επηρεάζουν σημαντικά τον τρόπο εκδήλωσης των νεφών από περιοχή σε περιοχή και άρα τη βροχόπτωση που προκύπτει (Rysman et al.2015).

Μια ερμηνεία των μη ισχυρών συσχετίσεων υπάρχει πιθανότητα να οφείλεται στην μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε όπου ακολουθήθηκε η εντολή «interpolation» στο πρόγραμμα QGIS, για να επιτευχθεί χωρική αντιστοιχία μεταξύ των δεδομένων θερμοκρασίας και βροχόπτωσης. Το πρόβλημα με αυτήν την διαδικασία έχει εντοπιστεί και από τον Sarkozy (1994) και είναι πως λόγω της φύσης της απεικονίζει χαρακτηριστικά που δεν είναι πολύ ακριβή.

Ως εισηγήσεις σε μελλοντικές εργασίες είναι να γίνει μελέτη σε μεγαλύτερο χρονικό δείγμα από αυτό που μελετήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία αλλά και επίσης να αξιοποιηθούν και άλλοι παράμετροι για τη συσχέτιση της βροχόπτωσης.

Βιβλιογραφία

Ελληνική:

Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας (ΓΓΠΠ), 2008, Έντονα καιρικά φαινόμενα, [online] Διαθέσιμο στο <http://www.gscp.gr/ggpp/site/home/ws.csp>

Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών- Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος, 2015, Μετεωρολογικό Λεξικό, [pdf] Διαθέσιμο στο <http://www.meteo.gr/meteoplus/pdf/kataigida.pdf>

Μηλιαρέσης, Γ., 2002, Φωτοερμηνεία Τηλεπισκόπησης, Αθήνα, Εκδόσεις Ιών

Ποϊραζίδης Κ. κ.α., Βασικές Αρχές της Τηλεπισκόπησης, 2013, ΑΤΕΙ Ιονίων Νήσων – Τμήμα Τεχνολογία Περιβάλλοντος και Οικολογία (pdf) σελ. 3. Διαθέσιμο στο [http://envi.teiion.gr/assets/files/Envi%20Management%20Section/REMOTE THEORY /Basikes%20Arxes%20Tis%20Tilepiskopisis%20\(1,2,3\).pdf](http://envi.teiion.gr/assets/files/Envi%20Management%20Section/REMOTE%20THEORY/Basikes%20Arxes%20Tis%20Tilepiskopisis%20(1,2,3).pdf)

Σαχσαμάνογλου Χ.Σ. και Μακρογιάννης, Τ.Ι. 1998, Γενική Μετεωρολογία, p.289-292, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη

Διεθνείς

Ahrens G.D., 1998, Essentials Of Meteorology – An Invitation to the Atmosphere, p.114-116, Wadsworth Publishing Company

Aggarwal et.al., 2016, Proportions of convective and stratiform precipitation revealed in water isotope ratios, Nature Geoscience, διαθέσιμο μέσω www.nature.com

Alcala, C. M., and A. E. Dessler (2002), Observations of deep convection in the tropics using the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) precipitation radar, J. Geophysics. Res., 107(D24), 4792, doi:10.1029/2002JD002457.

Andronache, C., L. J. Donner, C. J. Seman, and R. S. Hemler (2002), A study of the impact of the Intertropical Convergence Zone on aerosols during INDOEX, J. Geophysics. Res., 107(D19), 8027, doi:10.1029/2001JD900248.

Anyamba A. 2015. Remote Sensing. International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences (Second Edition) 2015, Pages 419–424 (rev) Estes. J., Kline. K., Collins. E., διαθέσιμο μέσω <http://www.sciencedirect.com>

Behrangi, A., et al. 2009. PERSIANN-MSA: A Precipitation Estimation Method from Satellite-Based Multispectral Analysis, American Meteorological Society, DOI: <http://dx.doi.org/10.1175/2009JHM1139.1>

Bellerby TJ. 2004. A feature-based approach to satellite precipitation monitoring using geostationary IR imagery. Journal of Hydrometeorology 5: 910–921. DOI: [http://dx.doi.org/10.1175/1525-7541\(2004\)005<0910:AFATSP>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1525-7541(2004)005<0910:AFATSP>2.0.CO;2)

Beth., R, Allan J., 2005. "Preface". Investigating Statistical Concepts, Applications, and Methods (PDF). Duxbury Press. < <http://www.rossmanchance.com/iscam/preface.pdf>>

Brandenberge A.J, 1968, The impact of (photogrammetric) surveying and mapping on the framework of national and international economy, Proceedings of the Annual Convention of the American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Washington, D.C.

Cecil, D. J., E. J. Zipser, and S. W. Nesbitt (2002), Reflectivity, ice scattering, and lightning characteristics of hurricane eyewalls and rainbands. Part I: Quantitative description, Mon. Weather Rev., 130, 769–784. DOI: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493\(2002\)130<0769:RISALC>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493(2002)130<0769:RISALC>2.0.CO;2)

Cifelli, R., et.al., 2002, Radar observations of the kinematic, microphysical, and precipitation characteristics of two MCSs in TRMM LBA, J. Geophys. Res., 107(D20), 8077, doi:10.1029/2000JD000264.

Colwell, R.N 1968, Remote Sensing of Natural Resources, Scientific American 218, 54–70, [pdf] διαθέσιμο μέσω <http://www.nature.com/>

Correoso J.F. et.al., 2005, A 3-year study of cloud-to-ground lightning flash characteristics of Mesoscale convective systems over the Western Mediterranean Sea, Atmospheric Research, Vol. 79(2) Pages 89–107 [pdf] διαθέσιμο μέσω <http://www.sciencedirect.com>

DeMott, C. A., and S. A. Rutledge (1998), The vertical structure of TOGA COARE convection. Part I: Radar echo distributions, J. Atmos. Sci., 55, 2730–2747, DOI:[http://dx.doi.org/10.1175/1520-0469\(1998\)055<2730:TVSOTC>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0469(1998)055<2730:TVSOTC>2.0.CO;2)

Drobinski et al. 2014, HyMeX: A 10-Year Multidisciplinary Program on the Mediterranean Water Cycle, American Meteorological Society, DOI: <http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00242.1>

Eumetsat, (2016), Monitoring Weather and Climate from Space, Satellites [online] <http://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/PastSatellites/index.html>

Evans JD. 1996, Straightforward Statistics for the Behavioral Sciences. Brooks. Cole Publishing: Pacific Grove, California

Feidas, H., Makrogiannis,T, and Bora-Senta, E,. 2004, Trend analysis of air temperature time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data:1955–2001. *Theor. Appl. Climatol.*, 79, 185–208.

Foote, K.E and Lynch, M, nd. The Geographer's Craft Project, Department of Geography, The University of Colorado at Boulder. [online] <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/intro/intro.html>

Galway, J.G., 1989, The Evolution of Severe Thunderstorm Criteria within the Weather Service, American Meteorological Society, [pdf] Available through <http://journals.ametsoc.org/>

Geerts, B., et.al (2000), Hurricane Georges's landfall in the Dominican Republic: Detailed airborne Doppler radar imagery, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 81, 999–1018., DOI: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477\(2000\)081<0999:HGLITD>2.3.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477(2000)081<0999:HGLITD>2.3.CO;2)

Gettelman, A., M. L. Salby, and F. Sassi (2002), The distribution and influence of convection in the tropical tropopause region, *J. Geophys. Res.*, 107(D10), 4080, doi:10.1029/2001JD001048.

Goodchild, M.F., 1991, Geographic Information Systems, *Journal of Retailing* 67.1: 3. . [online] Available through <http://search.proquest.com/>

Gu, G., and C. Zhang (2002), Cloud components of the Intertropical Convergence Zone, *J. Geophys. Res.*, 107(D21), 4565, doi:10.1029/2002JD002089.

Huhneil et al., 2010, Rainfall-Rate Assignment Using MSG SEVIRI Data—A Promising Approach to Spaceborne Rainfall-Rate Retrieval for Midlatitudes, American Meteorological Society, 49(7), DOI: 10.1175/2010JAMC2284.1

Hatzaki, M., Flocas, H.A., Giannakopoulos, C., Maheras. P., 2009, The Impact of the Eastern Mediterranean Teleconnection Pattern on the Mediterranean Climate, American Meteorological Society, DOI: <http://dx.doi.org/10.1175/2008JCLI2519.1>

Heymsfield, G. M., and R. Fulton (1988), Comparison of high-altitude remote aircraft measurements with the radar structure of an Oklahoma thunderstorm: Implications for precipitation estimation from space, *Mon. Weather Rev.*, 116, 1157–1174., DOI: <http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493>

Hunter College Of The City University Of New York, Department Of Geography, 2016, Stages in the Development of a Thunderstorm. [online] Available through < <http://www.geography.hunter.cuny.edu/>>

Inoue, T. 2000, Early results on comparison between cloud information by VIRS and rain information by PR/TMI, *Advances in Space Research*, 25(5), 977–980

Joyce, R. J., et al. CMORPH: A Method that Produces Global Precipitation Estimates from Passive Microwave and Infrared Data at High Spatial and Temporal Resolution, *J. Hydrometeor.*, 5, 487–503, doi:10.1175/1525-7541(2004)005<0487:CAMTPG>2.0.CO;2, 2004.

Kanak, J. 2011, Overview of the IR channels and their applications, [pdf] Available through <http://www.eumetrain.org>

Kelley, O., and J. Stout (2004), Convective towers in eyewalls of tropical cyclones observed by the TRMM Precipitation Radar in 1998–2001, paper presented at 20th Conference on Weather Analysis and Forecasting, Am. Meteorol. Soc., Seattle, Wash

Kidd et al., 2003, Satellite Rainfall Estimation Using Combined Passive Microwave and Infrared Algorithms, American Meteorological Society, DOI: < [http://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/1525-7541\(2003\)004%3C1088%3ASREUCP%3E2.0.CO%3B2](http://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/1525-7541(2003)004%3C1088%3ASREUCP%3E2.0.CO%3B2)

Kidd C, Levizzani V, Bauer P. 2009. A review of satellite meteorology and climatology at the start of the twenty-first century. *Progress in Physical Geography* 33: 474–489. [e-journal] access through <http://ppg.sagepub.com>

Kolios S. and Feidas H, 2010, A warm season climatology of mesoscale convective systems in the Mediterranean basin using satellite data, [pdf] διαθέσιμο μέσω <http://link.springer.com/>

Kuligowski RJ. 2002. A self-calibrating real-time GOES rainfall algorithm for short-term rainfall estimates. *Journal of Hydrometeorology* 3: 112–130, DOI: [http://dx.doi.org/10.1175/1525-7541\(2002\)003<0112:ASCRTG>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1525-7541(2002)003<0112:ASCRTG>2.0.CO;2)

Lionello, P., L. Cavaleri, K. M. Nissen, C. Pino, F. Raicich, and U. Ulbrich, 2012b: Severe marine storms in the northern Adriatic: Characteristics and trends. *Phys. Chem. Earth*, 40-41, 93–105, doi:10.1016/j.pce.2010.10.002.

Liu et al., 2008, A Cloud and Precipitation Feature Database from Nine Years of TRMM Observations, *Journal Of Applied Meteorology An Climatology*, Vol 47 2712-2728 , [pdf] available through < <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/2008JAMC1890.1>>

Maliene, V., Grigonis, V., Palevičius, V. et al. *Urban Des Int* (2011) 16: 1. doi:10.1057/udi.2010.25

Martín, M. L., Luna, M. Y., Morata, A. and Valero, F. (2004), North Atlantic teleconnection patterns of low-frequency variability and their links with springtime precipitation in the western Mediterranean. *Int. J. Climatol.*, 24: 213–230. doi:10.1002/joc.993

Melani S, et.al. 2013. A four year (2007–2010) analysis of long-lasting deep convective systems in the Mediterranean basin. *Atmospheric Research*. 123: 151–166, doi: 10.1016/j.atmosres.2012.09.006.

Maathuis B.H. P.et.al., 2006. *Meteosat-8: From Temperature To Rainfall*. ISPRS Technical Commission VII, Mid Term Symposium 8-11 May 2006, [pdf] access through < https://www.itc.nl/PDF/Organisation/Scientific%20departments/WRS/paperISPRS7_may2006_maathuis.pdf>

NASA, χ.η. , *Precipitation Measurement Missions, TRMM, Instruments* [online] Διαθέσιμο στο <http://pmm.nasa.gov/TRMM/trmm-instruments>

NASA, 2016a, *TRMM Tropical Rainfall Measuring Mission*, [online] Godard Space Flying Center, USA government, available through < <http://trmm.gsfc.nasa.gov/>> accessed at 9/3/2016

NASA, 2016b, Precipitation Measurement Mission, Data Downloads and Documentation, [online] Διαθέσιμο στο <https://pmm.nasa.gov/data-access/downloads/trmm>

National Academy of Sciences (NAS), 1977. Remote Sensing from Space: Prospects for Developing Countries, pg.206. Washington, DC,

Pokhrel, S. Sikka, D.R., 2013, Variability of the TRMM-PR total and convective and stratiform rain fractions over the Indian region during the summer monsoon, Climate Dynamics,41(1) 21-44, [online] Available through <www. <http://link.springer.com/>>

Rauhala, J. Schultz, D.M., 2009, Severe thunderstorm and tornado warnings in Europe, 4th European Conference on Severe Storms — 4ECSS, Atmospheric Research, 93 (1–3), 369–380, [pdf] διαθέσιμο μέσω <http://www.sciencedirect.com>

Reale, M., and P. Lionello, 2013: Synoptic climatology of winter intense precipitation events along the Mediterranean coasts. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 13, 1707–1722, doi:10.5194/nhess-13-1707-2013

Roebeling, R. A. and Holleman, I., 2009. Validation of rain rate retrievals from SEVIRI using weather radar observations, J. Geophys. Res., 114, D21202, doi:10.1029/2009JD012102

Rodwell, M. J., and B. J. Hoskins, 1996. Monsoons and the dynamics of deserts. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 122, 1385–1404, doi:10.1002/qj.49712253408

Rosenberg et al. 2008, Satellite detection of severe convective storms by their retrieved vertical profiles of cloud particle effective radius and thermodynamic phase, 113 (D4), Journal Of Geophysical Research, [e-journal] μέσω <http://onlinelibrary.wiley.com/>

Rossi et al. 2013, Analysis of a statistically initialized fuzzy logic scheme for classifying the severity of convective storms in Finland, Meteorological Applications 21 (3) 656–674, [pdf] available through <http://onlinelibrary.wiley.com/>

Remote Sensing Perspective, 2010, διαθέσιμο μέσω http://dgl.salemstate.edu/geography/Profs/Young/Imaging%20Earth/Glacier-webpage/home_Page301.htm

Robert, A. Houze, Jr. 2014, Cloud Dynamics, Chapter 4 – Remote Sensing of Clouds and Precipitation, International Geophysics. Vol 104.

Rysman, J.-F., Claud, C., Chaboureau, J.-P., Delanoë, J. and Funatsu, B. M. 2016, Severe convection in the Mediterranean from microwave observations and a convection-permitting model. Q.J.R. Meteorol. Soc., 142: 43–55. doi:10.1002/qj.2611

Sarkozy, F., 1994, The GIS concept and the 3-dimensional modeling. Computers, Environment and Urban Systems. Vol. 18. No. 2, 1994. pp.111-121.

Schmetz et al., 2002, An Introduction to Meteosat Second Generation (MSG) American Meteorological Society. EUMETSAT, Darmstadt, Germany [e-journal] Available through <http://journals.ametsoc.org/>

Sherwood, S. C., and A. E. Dessler (2000), On the control of stratospheric humidity, Geophysics. Res. Lett., 27, 2513–2516., <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2000GL011438/full>

Short, N.D Malin, D and Light, D.L, 2007, Remote Sensing, In The Focal Encyclopedia of Photography (Fourth Edition), edited by Peres, M.R, Focal Press, Boston, 2007, Pages 604-610, [pdf] διαθέσιμο μέσω <http://www.sciencedirect.com>

Tarolli, P., Borga, M, Morin, and Delrieu, E 2012: Analysis of flash flood regimes in the north-western and south-eastern Mediterranean regions. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 12, 1255–1265, doi:10.5194/nhess-12-1255-2012

Sridharan, 2016 , Spectral Methods in Transition Metal Complexes, Chapter 1- The electromagnetic spectrum, 1-12

Statstutor, nd, Pearson's correlation, [pdf] available through <http://www.statstutor.ac.uk/resources/uploaded/pearsons.pdf>

Thies, B και Bendix, J., 2011, Satellite based remote sensing of weather and climate: recent achievements and future perspectives, Meteorological Applications 18: 262-295 , doi:10.1002/met.288

University Corporation for Atmospheric Research, 2010, Goes-r, Eumetsat/Nasa. Multispectral Satellite Applications, [online] Available through <http://www.goes-r.gov/users/comet/npoess/multispectral_topics/rgb/print.htm>

Wolters, E.L.A., Van den Hurk, B. J. J. M and Roebeling R.A., 2011, Evaluation of rainfall retrievals from SEVIRI reflectances over West Africa using TRMM-PR and CMORPH, Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 437–451, doi:10.5194/hess-15-437-2011

Wentz, F. J. and Spencer, R. W., 1998. SSM/I rain retrievals within a uni-fied all-weather ocean algorithm, J. Atmos. Sci., 55, 1613–1627

Zipser et al. 2006, Where are the most intense thunderstorms on Earth? American Meteorological Society. 87: 1057–1071., [pdf] Available through <http://journals.ametsoc.org/>

Zwatz-Meise, V., 2004, Introduction into the Absorption Channels, Eumetsat, [pp] Available through < <http://oiswww.eumetsat.org/> >

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας Π.1: Συσχετίσεις Kendall's tau_b και Spearman's rho για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T_{6,2μm}, θερμοκρασία T_{10,8μm}, για το τρίωρο 22:30-01:30 της 27.10.2012.

			precipitation	ac_precip	rel_error	T _{6,2μm}	T _{10,8μm}
Kendall's tau_b	precipitation	Correlation Coefficient	1.000	1.000**	.944**	-.183**	-.174**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	8600	8600	8600	8575	8575
	ac_precip	Correlation Coefficient	1.000**	1.000	.944**	-.183**	-.174**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	8600	8600	8600	8575	8575
	rel_error	Correlation Coefficient	.944**	.944**	1.000	-.203**	-.193**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
		N	8600	8600	8600	8575	8575
	T _{6,2μm}	Correlation Coefficient	-.183**	-.183**	-.203**	1.000	.829**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	8575	8575	8575	8575	8575
	T _{10,8μm}	Correlation Coefficient	-.174**	-.174**	-.193**	.829**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.
		N	8575	8575	8575	8575	8575
Spearman's rho	precipitation	Correlation Coefficient	1.000	1.000**	.996**	-.269**	-.252**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	8600	8600	8600	8575	8575
	ac_precip	Correlation Coefficient	1.000**	1.000	.996**	-.269**	-.252**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	8600	8600	8600	8575	8575
	rel_error	Correlation Coefficient	.996**	.996**	1.000	-.298**	-.281**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
		N	8600	8600	8600	8575	8575
	T _{6,2μm}	Correlation Coefficient	-.269**	-.269**	-.298**	1.000	.958**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	8575	8575	8575	8575	8575
	T _{10,8μm}	Correlation Coefficient	-.252**	-.252**	-.281**	.958**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.
		N	8575	8575	8575	8575	8575

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πίνακας Π.2: Συσχετίσεις Kendall's tau_b και Spearman's rho για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T_{6,2μm} , θερμοκρασία T_{10,8μm} , για το τρίωρο 01:30-04:30 της 27.10.2012.

			precipitation	acum_precip	rel_error	T _{6,2μm}	T _{10,8μm}
Kendall's tau_b	precipitation	Correlation Coefficient	1.000	1.000**	.952**	-.136**	-.136**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	11197	11197	11197	11145	11145
	acum_precipitation	Correlation Coefficient	1.000**	1.000	.952**	-.136**	-.136**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	11197	11197	11197	11145	11145
	rel_error	Correlation Coefficient	.952**	.952**	1.000	-.155**	-.155**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
		N	11197	11197	11197	11145	11145
	T _{6,2μm}	Correlation Coefficient	-.136**	-.136**	-.155**	1.000	-.136**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	11145	11145	11145	11145	11145
	T _{10,8μm}	Correlation Coefficient	-.136**	-.136**	-.155**	.837**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000
		N	11145	11145	11145	11145	11145
Spearman's rho	precipitation	Correlation Coefficient	1.000	1.000**	.996**	-.191**	-.191**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	11197	11197	11197	11145	11145
	acum_precipitation	Correlation Coefficient	1.000**	1.000	.996**	-.191**	-.191**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	11197	11197	11197	11145	11145
	rel_error	Correlation Coefficient	.996**	.996**	1.000	-.218**	-.218**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
		N	11197	11197	11197	11145	11145
	T _{6,2μm}	Correlation Coefficient	-.191**	-.191**	-.218**	1.000	-.191**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	11145	11145	11145	11145	11145
	T _{10,8μm}	Correlation Coefficient	-.195**	-.195**	-.222**	.965**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000
		N	11145	11145	11145	11145	11145

Πίνακας Π.3: Συσχετίσεις Kendall's tau_b και Spearman's rho για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T_{6,2μm} , θερμοκρασία T_{10,8μm} , για το τρίωρο 04:30-07:30 της 27.10.2012.

			precip	acum_precip	rel_error	T _{6,2μm}	T _{10,8μm}
Kendall's tau_b	precip	Correlation Coefficient	1.000	1.000**	.950**	-.214**	-.206**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	9746	9746	9746	9700	9700
	acum_precip	Correlation Coefficient	1.000**	1.000	.950**	-.214**	-.206**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	9746	9746	9746	9700	9700
	rel_error	Correlation Coefficient	.950**	.950**	1.000	-.225**	-.219**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
		N	9746	9746	9746	9700	9700
	T _{6,2μm}	Correlation Coefficient	-.214**	-.214**	-.225**	1.000	.807**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	9700	9700	9700	9700	9700
	T _{10,8μm}	Correlation Coefficient	-.206**	-.206**	-.219**	.807**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.
		N	9700	9700	9700	9700	9700
Spearman's rho	precip	Correlation Coefficient	1.000	1.000**	.996**	-.315**	-.296**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	9746	9746	9746	9700	9700
	acum_precip	Correlation Coefficient	1.000**	1.000	.996**	-.315**	-.296**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	9746	9746	9746	9700	9700
	rel_error	Correlation Coefficient	.996**	.996**	1.000	-.331**	-.315**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
		N	9746	9746	9746	9700	9700
	T _{6,2μm}	Correlation Coefficient	-.315**	-.315**	-.331**	1.000	.953**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	9700	9700	9700	9700	9700
	T _{10,8μm}	Correlation Coefficient	-.296**	-.296**	-.315**	.953**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.
		N	9700	9700	9700	9700	9700

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πίνακας Π.4: Συσχετίσεις Kendall's tau_b και Spearman's rho για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T_{6,2μm}, θερμοκρασία T_{10,8μm}, για το τρίωρο 07:30-10:30 της 27.10.2012.

			precipit	ac.precip	rell.error	T _{6,2μm}	T _{10,8μm}
Kendall's tau_b	precipit	Correlation Coefficient	1.000	1.000**	.940**	-.088**	-.113**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	11831	11831	11831	11825	11825
	ac.precip	Correlation Coefficient	1.000**	1.000	.940**	-.088**	-.113**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	11831	11831	11831	11825	11825
	rell.error	Correlation Coefficient	.940**	.940**	1.000	-.110**	-.132**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
		N	11831	11831	11831	11825	11825
	T _{6,2μm}	Correlation Coefficient	-.088**	-.088**	-.110**	1.000	.759**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	11825	11825	11825	11825	11825
	T _{10,8μm}	Correlation Coefficient	-.113**	-.113**	-.132**	.759**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.
		N	11825	11825	11825	11825	11825
Spearman's rho	precipit	Correlation Coefficient	1.000	1.000**	.995**	-.146**	-.174**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	11831	11831	11831	11825	11825
	ac.precip	Correlation Coefficient	1.000**	1.000	.995**	-.146**	-.174**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	11831	11831	11831	11825	11825
	rell.error	Correlation Coefficient	.995**	.995**	1.000	-.182**	-.206**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
		N	11831	11831	11831	11825	11825
	T _{6,2μm}	Correlation Coefficient	-.146**	-.146**	-.182**	1.000	.922**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	11825	11825	11825	11825	11825
	T _{10,8μm}	Correlation Coefficient	-.174**	-.174**	-.206**	.922**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.
		N	11825	11825	11825	11825	11825

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πίνακας Π.5: Συσχετίσεις Kendall's tau_b και Spearman's rho για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T_{6,2μm}, θερμοκρασία T_{10,8μm}, για το τρίωρο 16:30-19:30 της 27.10.2012.

			precipip	ac.precip	rel.error	T _{6,2μm}	T _{10,8μm}
Kendall's tau_b	precipip	Correlation Coefficient	1.000	1.000**	.943**	-.190**	-.161**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	10138	10138	10138	10135	10135
	ac.precip	Correlation Coefficient	1.000**	1.000	.943**	-.190**	-.161**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	10138	10138	10138	10135	10135
	rel.error	Correlation Coefficient	.943**	.943**	1.000	-.193**	-.167**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
		N	10138	10138	10138	10135	10135
	T _{6,2μm}	Correlation Coefficient	-.190**	-.190**	-.193**	1.000	.729**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	10135	10135	10135	10135	10135
	T _{10,8μm}	Correlation Coefficient	-.161**	-.161**	-.167**	.729**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.
		N	10135	10135	10135	10135	10135
Spearman's rho	precipip	Correlation Coefficient	1.000	1.000**	.995**	-.274**	-.241**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	10138	10138	10138	10135	10135
	ac.precip	Correlation Coefficient	1.000**	1.000	.995**	-.274**	-.241**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	10138	10138	10138	10135	10135
	rel.error	Correlation Coefficient	.995**	.995**	1.000	-.281**	-.252**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
		N	10138	10138	10138	10135	10135
	T _{6,2μm}	Correlation Coefficient	-.274**	-.274**	-.281**	1.000	.893**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	10135	10135	10135	10135	10135
	T _{10,8μm}	Correlation Coefficient	-.241**	-.241**	-.252**	.893**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.
		N	10135	10135	10135	10135	10135

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πίνακας Π.6: Συσχετίσεις Kendall's tau_b και Spearman's rho για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T_{6,2μm}, θερμοκρασία T_{10,8μm}, για το τρίωρο 19:30-22:30 της 27.10.2012.

			precip	ac.precip	rel.error	T _{6,2μm}	T _{10,8μm}
Kendall's tau_b	precip	Correlation Coefficient	1.000	1.000**	.920**	-.300**	-.202**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	6494	6494	6494	6494	6494
	ac.precip	Correlation Coefficient	1.000**	1.000	.920**	-.300**	-.202**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	6494	6494	6494	6494	6494
	rel.error	Correlation Coefficient	.920**	.920**	1.000	-.333**	-.230**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
		N	6494	6494	6494	6494	6494
	T _{6,2μm}	Correlation Coefficient	-.300**	-.300**	-.333**	1.000	.733**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	6494	6494	6494	6494	6494
	T _{10,8μm}	Correlation Coefficient	-.202**	-.202**	-.230**	.733**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.
		N	6494	6494	6494	6494	6494
Spearman's rho	precip	Correlation Coefficient	1.000	1.000**	.990**	-.451**	-.310**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	6494	6494	6494	6494	6494
	ac.precip	Correlation Coefficient	1.000**	1.000	.990**	-.451**	-.310**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	6494	6494	6494	6494	6494
	rel.error	Correlation Coefficient	.990**	.990**	1.000	-.495**	-.352**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
		N	6494	6494	6494	6494	6494
	T _{6,2μm}	Correlation Coefficient	-.451**	-.451**	-.495**	1.000	.903**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	6494	6494	6494	6494	6494
	T _{10,8μm}	Correlation Coefficient	-.310**	-.310**	-.352**	.903**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.
		N	6494	6494	6494	6494	6494

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πίνακας Π.7: Συσχετίσεις Kendall's tau_b και Spearman's rho για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T_{6,2μm} , θερμοκρασία T_{10,8μm} , για το τρίωρο 22:30-01:30 της 28.10.2012.

			precip	ac.precip	rel.error	T _{6,2μm}	T _{10,8μm}
Kendall's tau_b	precip	Correlation Coefficient	1.000	1.000**	.927**	-.204**	-.321**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000

		N	11623	11623	11623	11534	11534
	ac.precip	Correlation Coefficient	1.000**	1.000	.927**	-.204**	-.321**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	11623	11623	11623	11534	11534
	rel.error	Correlation Coefficient	.927**	.927**	1.000	-.208**	-.337**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
		N	11623	11623	11623	11534	11534
	T _{6,2μm}	Correlation Coefficient	-.204**	-.204**	-.208**	1.000	.711**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	11534	11534	11534	11534	11534
	T _{10,8μm}	Correlation Coefficient	-.321**	-.321**	-.337**	.711**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.
		N	11534	11534	11534	11534	11534
Spearman's rho	precip	Correlation Coefficient	1.000	1.000**	.992**	-.306**	-.464**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	11623	11623	11623	11534	11534
	ac.precip	Correlation Coefficient	1.000**	1.000	.992**	-.306**	-.464**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	11623	11623	11623	11534	11534
	rel.error	Correlation Coefficient	.992**	.992**	1.000	-.306**	-.480**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
		N	11623	11623	11623	11534	11534
	T _{6,2μm}	Correlation Coefficient	-.306**	-.306**	-.306**	1.000	.889**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	11534	11534	11534	11534	11534
	T _{10,8μm}	Correlation Coefficient	-.464**	-.464**	-.480**	.889**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.
		N	11534	11534	11534	11534	11534

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πίνακας Π.8: Συσχετίσεις Kendall's tau_b και Spearman's rho για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T_{6,2μm} , θερμοκρασία T_{10,8μm} , για το τρίωρο 01:30-04:30 της 28.10.2012.

			precipitation	ac.precip	rell.error	T _{6,2μm}	T _{10,8μm}
Kendall's tau_b	precipitation	Correlation Coefficient	1.000	1.000**	.928**	-.071**	-.217**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	6477	6477	6477	6463	6463
	ac.precip	Correlation Coefficient	1.000**	1.000	.928**	-.071**	-.217**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	6477	6477	6477	6463	6463

	rell.error	Correlation Coefficient	.928**	.928**	1.000	-.054**	-.196**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
		N	6477	6477	6477	6463	6463
	T _{6,2μm}	Correlation Coefficient	-.071**	-.071**	-.054**	1.000	.359**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	6463	6463	6463	6463	6463
	T _{10,8μm}	Correlation Coefficient	-.217**	-.217**	-.196**	.359**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.
		N	6463	6463	6463	6463	6463
Spearman's rho	precipitation	Correlation Coefficient	1.000	1.000**	.970**	-.109**	-.319**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	6477	6477	6477	6463	6463
	ac.precip	Correlation Coefficient	1.000**	1.000	.970**	-.109**	-.319**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	6477	6477	6477	6463	6463
	rell.error	Correlation Coefficient	.970**	.970**	1.000	-.085**	-.290**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
		N	6477	6477	6477	6463	6463
	T _{6,2μm}	Correlation Coefficient	-.109**	-.109**	-.085**	1.000	.509**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	6463	6463	6463	6463	6463
	T _{10,8μm}	Correlation Coefficient	-.319**	-.319**	-.290**	.509**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.
		N	6463	6463	6463	6463	6463

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πίνακας Π.9: Συσχετίσεις Kendall's tau_b και Spearman's rho για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T_{6,2μm} , θερμοκρασία T_{10,8μm} , για το τρίωρο 04:30-07:30 της 28.10.2012.

		precip	ac.precip	rel.error	T _{6,2μm}	T _{10,8μm}	
Kendall's tau_b	precip	Correlation Coefficient	1.000	.996**	.958**	.179**	.096**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	4723	4723	4723	4723	4723
	ac.precip	Correlation Coefficient	.996**	1.000	.961**	.179**	.094**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	4723	4723	4723	4723	4723
	rel.error	Correlation Coefficient	.958**	.961**	1.000	.172**	.089**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
		N	4723	4723	4723	4723	4723
	T _{6,2μm}	Correlation Coefficient	.179**	.179**	.172**	1.000	.511**

		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	4723	4723	4723	4723	4723
	T10,8 μ m	Correlation Coefficient	.096**	.094**	.089**	.511**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.
		N	4723	4723	4723	4723	4723
Spearman's rho	precip	Correlation Coefficient	1.000	.997**	.995**	.281**	.148**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	4723	4723	4723	4723	4723
	ac.precip	Correlation Coefficient	.997**	1.000	.998**	.281**	.146**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	4723	4723	4723	4723	4723
	rel.error	Correlation Coefficient	.995**	.998**	1.000	.270**	.137**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
		N	4723	4723	4723	4723	4723
	T _{6,2} μ m	Correlation Coefficient	.281**	.281**	.270**	1.000	.693**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	4723	4723	4723	4723	4723
	T10,8 μ m	Correlation Coefficient	.148**	.146**	.137**	.693**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.
		N	4723	4723	4723	4723	4723

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πίνακας Π.10: Συσχετίσεις Kendall's tau_b και Spearman's rho για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T_{6,2} μ m , θερμοκρασία T10,8 μ m , για το τρίωρο 07:30-10:30 της 28.10.2012.

			precip	ac.precip	rel.error	T _{6,2} μ m	T10,8 μ m
Kendall's tau_b	precip	Correlation Coefficient	1.000	.595**	.960**	-.373**	-.340**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	6185	6185	6185	6100	6100
	ac.precip	Correlation Coefficient	.595**	1.000	.586**	-.271**	-.241**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	6185	6185	6185	6100	6100
	rel.error	Correlation Coefficient	.960**	.586**	1.000	-.374**	-.336**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
		N	6185	6185	6185	6100	6100
	T _{6,2} μ m	Correlation Coefficient	-.373**	-.271**	-.374**	1.000	.533**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	6100	6100	6100	6100	6100
	T10,8 μ m	Correlation Coefficient	-.340**	-.241**	-.336**	.533**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.

		N	6100	6100	6100	6100	6100
Spearman's rho	precip	Correlation Coefficient	1.000	.773**	.998**	-.561**	-.497**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	6185	6185	6185	6100	6100
	ac.precip	Correlation Coefficient	.773**	1.000	.765**	-.427**	-.369**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	6185	6185	6185	6100	6100
	rel.error	Correlation Coefficient	.998**	.765**	1.000	-.561**	-.492**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
		N	6185	6185	6185	6100	6100
T _{6,2μm}		Correlation Coefficient	-.561**	-.427**	-.561**	1.000	.729**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	6100	6100	6100	6100	6100
T _{10,8μm}		Correlation Coefficient	-.497**	-.369**	-.492**	.729**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.
		N	6100	6100	6100	6100	6100

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πίνακας Π.11: Συσχετίσεις Kendall's tau_b και Spearman's rho για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T_{6,2μm} , θερμοκρασία T_{10,8μm} , για το τρίωρο 16:30-19:30 της 28.10.2012.

			precip	ac.precip	rel.error	T _{6,2μm}	T _{10,8μm}
Kendall's tau_b	precip	Correlation Coefficient	1.000	1.000**	.958**	-.156**	-.149**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	9248	9248	9248	9248	9248
	ac.precip	Correlation Coefficient	1.000**	1.000	.958**	-.156**	-.149**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	9248	9248	9248	9248	9248
	rel.error	Correlation Coefficient	.958**	.958**	1.000	-.144**	-.142**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
		N	9248	9248	9248	9248	9248
T _{6,2μm}		Correlation Coefficient	-.156**	-.156**	-.144**	1.000	.685**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	9248	9248	9248	9248	9248
T _{10,8μm}		Correlation Coefficient	-.149**	-.149**	-.142**	.685**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.
		N	9248	9248	9248	9248	9248
Spearman's rho	precip	Correlation Coefficient	1.000	1.000**	.997**	-.230**	-.232**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	9248	9248	9248	9248	9248

ac.precip	Correlation Coefficient	1.000**	1.000	.997**	-.230**	-.232**
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
	N	9248	9248	9248	9248	9248
rel.error	Correlation Coefficient	.997**	.997**	1.000	-.215**	-.223**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
	N	9248	9248	9248	9248	9248
T _{6,2μm}	Correlation Coefficient	-.230**	-.230**	-.215**	1.000	.867**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
	N	9248	9248	9248	9248	9248
T _{10,8μm}	Correlation Coefficient	-.232**	-.232**	-.223**	.867**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.
	N	9248	9248	9248	9248	9248

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πίνακας Π.12: Συσχετίσεις Kendall's tau_b και Spearman's rho για τις παραμέτρους ρυθμός βροχόπτωσης, αθροιστική βροχόπτωση, σχετικό σφάλμα, θερμοκρασία T_{6,2μm} , θερμοκρασία T_{10,8μm} , για το τρίωρο 19:30-22:30 της 28.10.2012.

			precip	ac.precip	rel.error	T _{6,2μm}	T _{10,8μm}
Kendall's tau_b	precip	Correlation Coefficient	1.000	1.000**	.959**	-.022**	-.040**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.004	.000
		N	7984	7984	7984	7890	7890
	ac.precip	Correlation Coefficient	1.000**	1.000	.959**	-.022**	-.040**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.004	.000
		N	7984	7984	7984	7890	7890
	rel.error	Correlation Coefficient	.959**	.959**	1.000	-.014	-.032**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.072	.000
		N	7984	7984	7984	7890	7890
	T _{6,2μm}	Correlation Coefficient	-.022**	-.022**	-.014	1.000	.721**
		Sig. (2-tailed)	.004	.004	.072	.	.000
		N	7890	7890	7890	7890	7890
T _{10,8μm}	Correlation Coefficient	-.040**	-.040**	-.032**	.721**	1.000	
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.	
	N	7890	7890	7890	7890	7890	
Spearman's rho	precip	Correlation Coefficient	1.000	1.000**	.997**	-.029*	-.063**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.010	.000
		N	7984	7984	7984	7890	7890
	ac.precip	Correlation Coefficient	1.000**	1.000	.997**	-.029*	-.063**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.010	.000
		N	7984	7984	7984	7890	7890
	rel.error	Correlation Coefficient	.997**	.997**	1.000	-.016	-.053**

	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.159	.000
	N	7984	7984	7984	7890	7890
T _{6,2μm}	Correlation Coefficient	-.029 [*]	-.029 [*]	-.016	1.000	.894 ^{**}
	Sig. (2-tailed)	.010	.010	.159	.	.000
	N	7890	7890	7890	7890	7890
T _{10,8μm}	Correlation Coefficient	-.063 ^{**}	-.063 ^{**}	-.053 ^{**}	.894 ^{**}	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.
	N	7890	7890	7890	7890	7890

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).