



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

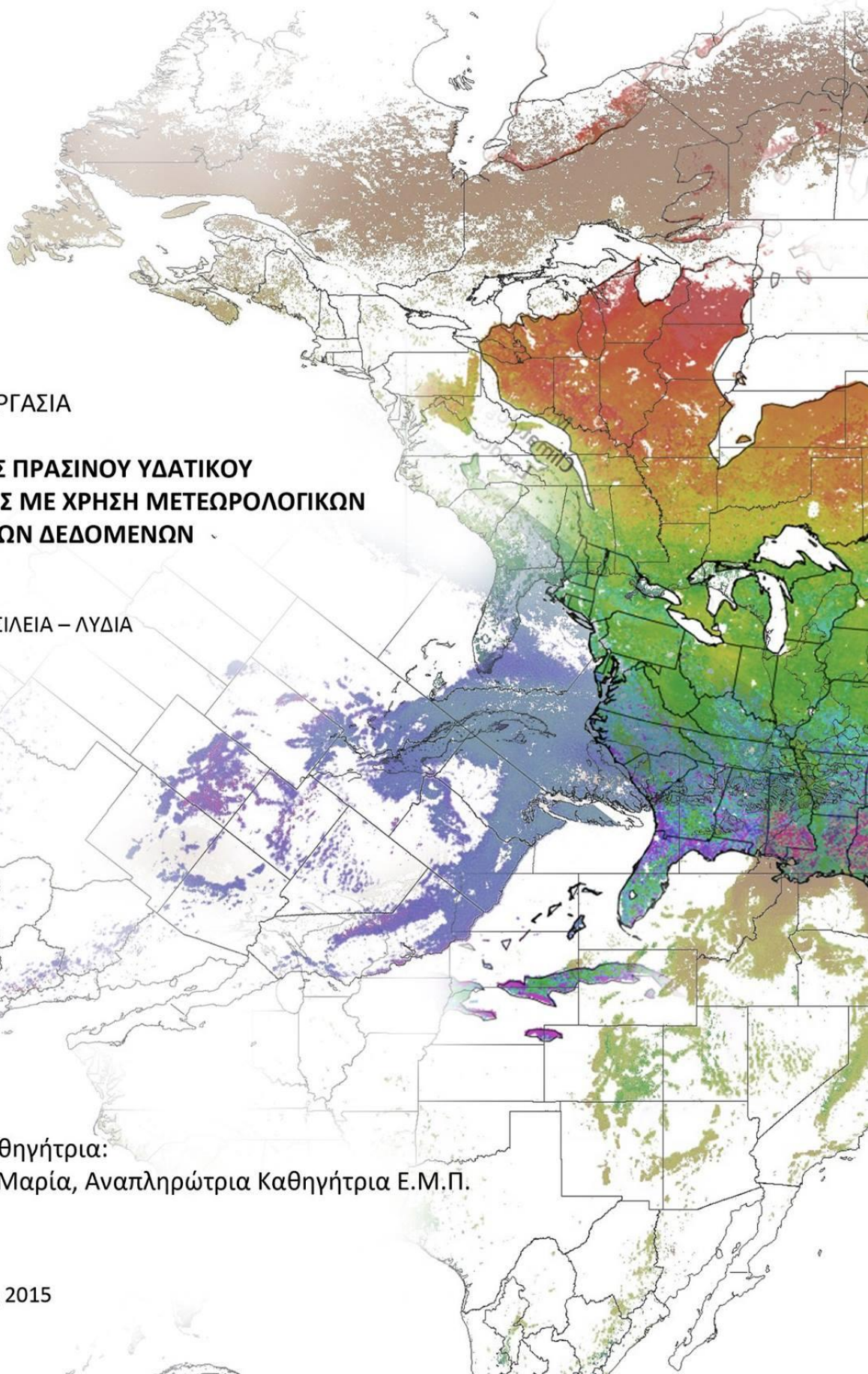
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ
ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

ΤΑΜΠΟΥΡΑΤΖΗ ΒΑΣΙΛΕΙΑ – ΛΥΔΙΑ

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:
Παπαδοπούλου Μαρία, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, Οκτώβριος 2015





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ
ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΩΝ
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

ΤΑΜΠΟΥΡΑΤΖΗ ΒΑΣΙΛΕΙΑ – ΛΥΔΙΑ

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Παπαδοπούλου Μαρία, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Σ.Α.Τ.Μ./Ε.Μ.Π.

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Παπαδοπούλου Μαρία, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Σ.Α.Τ.Μ./Ε.Μ.Π.

Καράντζαλος Κωνσταντίνος, Επίκουρος Καθηγητής Σ.Α.Τ.Μ./Ε.Μ.Π.

Παπακωνσταντίνου Δημήτριος, Ε.Δι.Π. Σ.Α.Τ.Μ./Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, Οκτώβριος 2015

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία, αποτελεί το τελικό μου βήμα ως προπτυχιακός φοιτητής στη Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, για αυτό και νοιώθω την ανάγκη να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους ανθρώπους που συνέβαλαν στην έως τώρα πορεία μου.

Καταρχάς, ευχαριστώ την κα. Παπαδοπούλου, η οποία μου ανέθεσε την παρούσα διπλωματική εργασία καταφέροντας να αφουγκραστεί την επιθυμία μου να συνδυάσω δύο επιστημονικούς κλάδους. Την ευχαριστώ για την επίβλεψη και την καθοδήγησή της.

Ευχαριστώ ακόμη, τον κο. Καράντζαλο, ο οποίος αποτέλεσε βασικό καθοδηγητή στο πρακτικό μέρος της εργασίας και αφιέρωσε χρόνο σε αυτό, από αυτόν που δεν του περίσσευε.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Νίκη και Σπύρο, για την ατελείωτη στοργή που πάντα δείχνουν σε εμένα και σε ό,τι κάνω. Τους ευχαριστώ για κάθε στιγμή ηρεμίας ή έντασης, υπομονής και επιμονής, υποστήριξης και έγνοιας.

Ευχαριστώ πολύ, τον αδερφό μου Οδυσσέα, ο οποίος είναι πάντα δίπλα μου δίνοντας ώριμες συμβουλές και ζεστές αγκαλιές, όταν κρίνει πως αυτές είναι απαραίτητες –και πάντα ξέρει το πότε.

Ευχαριστώ τους φίλους που στάθηκαν δίπλα μου όλα αυτά τα χρόνια -αλλά και τα προηγούμενα- και ιδιαίτερα την Άρτεμη που έχει την ικανότητα να σε αγαπάει και να σε μαλώνει και να σε στηρίζει, ταυτόχρονα. Ευχαριστώ τη Χριστίνα, η οποία έδωσε λίγο από το φως της για μένα, αλλά και την Ζαν, την Μαριάννα και την Κόνυ, οι οποίες έσκυψαν με ενδιαφέρον και όρεξη και επιμελήθηκαν χρωμάτων, κενών και λέξεων, ακριβώς έτσι όπως τους έπρεπε. Επίσης, ευχαριστώ την φίλη μου Σαλαλά, η οποία με στήριξε τη σωστή στιγμή με τον καλύτερο τρόπο.

Ένα ευχαριστώ από καρδιάς χρωστάω ακόμη στον Ζαχαρία, ο οποίος εμφανίστηκε από το πουθενά για να δώσει λύσεις αξέχαστες και χρόνο ποιοτικό, λειτουργώντας εν αγνοία του καταλυτικά ως προς εμένα.

Δεν μπορώ τέλος να παραλείψω όλους εκείνους τους ανθρώπους, οι οποίοι προσφέροντας μου μία κατσάδα ή μία σωστότερη απόχρωση ή ένα απρόσμενο χαμόγελο, με ώθησαν να συνεχίσω προς τα εμπρός.

Λυδία

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Ταμπουρατζή Βασιλεία – Λυδία
Διπλωματική Εργασία
Αθήνα, Οκτώβριος 2015

Περίληψη

Το υδάτινο στοιχείο αποτελεί έναν σημαντικό φυσικό πόρο, ο οποίος διαδραματίζει κυρίαρχο ρόλο στην ύπαρξη ζωής στη Γη. Ωστόσο, οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες σε συνδυασμό με τη δύσκολη πρόσβαση στις πηγές υδάτων λόγω της εκάστοτε γεωμορφολογίας, αλλά και η άνιση κατανομή του νερού στο χώρο και στο χρόνο, έχουν οδηγήσει στη σταδιακή μείωση και ποιοτική υποβάθμισή του. Σήμερα λοιπόν, περισσότερο ίσως από άλλες φορές, αναδεικνύεται η ανάγκη ορθολογικής διαχείρισης των υδάτινων πόρων λαμβάνοντας υπόψη όλες τις χρήσεις γης, όπως η αγροτική, η βιομηχανική και η αστική χρήση, οι οποίες επιβαρύνουν κατά κύριο λόγο τους υδατικούς αποδέκτες.

Στην προσπάθεια διαμόρφωσης πολιτικών για την σωστή διαχείριση των υδάτων, έχουν αναπτυχθεί διάφορα εργαλεία αποτίμησης των υδατικών πιέσεων, τα οποία συμβάλλουν στην εξαγωγή συμπερασμάτων χρησιμοποιώντας επίγειες, εναέριες ή δορυφορικές παρατηρήσεις. Στα εργαλεία αυτά συγκαταλέγεται και ο δείκτης του Υδατικού Αποτυπώματος (ΥΑ), ο οποίος χρησιμοποιείται για την ανάδειξη της ποσότητας νερού που υπάρχει -εμφανώς ή όχι- στα προϊόντα και τις υπηρεσίες, σε όλα τα στάδια μίας παραγωγικής διαδικασίας. Αποτελείται από τρεις συνιστώσες: την πράσινη, την μπλε και την γκρι· κάθε μία από τις οποίες μελετά διαφορετικού είδους προσφορά και ζήτηση του νερού.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, μελετάται το Υδατικό Διαμέρισμα της Δυτικής Πελοποννήσου (ΥΔ01), προκειμένου να προσδιοριστούν οι υδατικές του ανάγκες με βάση το ΥΑ και ειδικότερα υπολογίζοντας την πράσινη συνιστώσα του (ΥΑ_{πρ}) για τις χρήσεις γης: καλλιέργειες, βοσκοτόποι και δασικές εκτάσεις, για χρονική περίοδο τεσσάρων ετών (2010 – 2013).

Ο υπολογισμός του ΥΑ_{πρ} πραγματοποιείται σύμφωνα με την ογκομετρική προσέγγιση του ΥΑ, στην οποία βασική συνιστώσα θεωρείται η δυνητική εξατμισοδιαπνοή (ΕΔ_δ). Ο προσδιορισμός της ΕΔ_δ, στο πρώτο σκέλος της μεθοδολογικής προσέγγισης, βασίζεται σε δεδομένα επίγειων μετεωρολογικών σταθμών τα οποία εισάγονται στις εμπειρικές εξισώσεις των Blaney – Criddle για τις καλλιέργειες και τους βοσκοτόπους, και

στην εμπειρική εξίσωση του Hargreaves για τις δασικές περιοχές. Στη συνέχεια, στο δεύτερο σκέλος, η ΕΔ_δ επαναπροσδιορίζεται από δορυφορικά δεδομένα MODIS.

Τα αποτελέσματα της ΕΔ_δ και του ΥΑ_{πρ}, όπως αυτά προκύπτουν από τις δύο προσεγγίσεις, αναλύονται και συγκρίνονται, ώστε να διερευνηθεί και να αξιολογηθεί η συσχέτισή τους, διαδικασία στην οποία χρησιμοποιούνται Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π.). Συγκεκριμένα, προκύπτει πως τα αποτελέσματα της ΕΔ_δ συσχετίζονται αρχικά σε μέτριο βαθμό της τάξης του 50%, ενώ έπειτα από διερεύνηση και αφαίρεση κάποιων ακραίων τιμών, η συσχέτιση βελτιώνεται αγγίζοντας ποσοστό ίσο με 80%. Σε ό,τι αφορά τώρα στα αποτελέσματα του ΥΑ_{πρ}, οι τιμές εμφανίζουν εξαιρετικής ισχυρής συσχέτιση της τάξης του 80%, γεγονός που οφείλεται στη συμμετοχή της παραμέτρου της ωφέλιμης βροχόπτωσης στον υπολογισμό.

Τέλος, εξάγεται το συμπέρασμα πως, τα μετεωρολογικά δεδομένα παρουσιάζονται συχνά ελλιπή συγκριτικά με τα δορυφορικά δεδομένα, ενώ επιπλέον η διάθεσή τους προϋποθέτει οικονομικό κόστος και χρόνο. Αντίθετα, τα δορυφορικά δεδομένα -αν και μειονεκτούν ως προς την παροχή πληροφοριών παλαιότερων ετών- παρέχονται άμεσα και με μηδενικά κόστη, έχοντας ταυτόχρονα τη δυνατότητα επικαιροποίησης σε πραγματικούς χρόνους. Επιπλέον, τα μετεωρολογικά δεδομένα διαφέρουν από τα δορυφορικά, ως προς τις κλίμακες στις οποίες κάθε ένα από αυτά μπορεί να ανταποκριθεί. Ειδικότερα, τα μετεωρολογικά δεδομένα, αποτελούν σημειακές καταγραφές οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μελέτες μικρής κλίμακας, ενώ τα δορυφορικά δεδομένα, είναι συνεχή στο χρόνο και στο χώρο και μπορούν να εφαρμόζονται σε μελέτες μεγαλύτερων κλιμάκων.

Εν κατακλείδι, η προσέγγιση προσδιορισμού της πράσινης συνιστώσας του ΥΑ με μετεωρολογικά δεδομένα, συσχετίζεται επαρκώς με την τηλεπισκοπική προσέγγιση στη δεδομένη κλίμακα έρευνας. Ωστόσο, καθώς οι δύο προσεγγίσεις παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, προτείνεται στην παρούσα φάση αυτές να χρησιμοποιούνται συνδυαστικά, ώστε τα συμπεράσματα που εξάγονται να είναι πιο ολοκληρωμένα.

Λέξεις κλειδιά: Διαχείριση Υδάτινων Πόρων, Υδατικό Αποτύπωμα (ΥΑ), πράσινη συνιστώσα, δυνητική εξατμισοδιαπνοή (ΕΔ_δ), Ψηφιακή Τηλεπισκόπηση, εμπειρικές μέθοδοι, λεκάνη απορροής, Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Πελοποννήσου (ΥΔ01)

DESIGNATION OF GREEN WATER FOOTPRINT USING METEOROLOGICAL AND SATELLITE DATA

Tampouratzis Vasileia –Lydia
Diploma Thesis
Athens, October 2015

Abstract

Fresh water is an essential natural resource, which affects the existence of life on Earth. However, human activities, in combination with the difficulty in accessing water resources and the effect of the uneven distribution of water in space and time, have led to the deterioration of water quality as well as its quantity. Today, perhaps more than ever, sustainable water management is imperative and land uses, such as agricultural, industrial and urban uses, which burden primarily the majority of water receivers, need to be taken into consideration.

In an effort to shape proper water management policies, various tools for the evaluation of water stress have been developed. These tools assist in reaching conclusions using terrestrial, aerial or satellite observations. One of these tools is the Water Footprint (WF) indicator, which is used to illustrate the amount of water consumed throughout the production process of goods or services. It consists of three components: blue, green and grey, each of which examines a different kind of supply and demand of water.

The study area of this diploma thesis is the Water District of Western Peloponnese (GR01). The water needs of this area are defined using the WF indicator and especially its green component, for three main land uses; croplands, pastures and woodlands, in a 4-year period (2010 – 2013).

The Assessment of green WF (WF_g) is made using the volumetric approach of WF, in which the potential evapotranspiration (PET) is considered to be a basic component. The estimation of PET is based first on meteorological data from terrestrial stations and then applied to the Blaney – Criddle equation for croplands and pastures and the Hargreaves equation for woodlands. Then, in the second part of this study, PET is redefined using MODIS satellite data.

The results (PET, WF_g) of both meteorological and remote sensing approaches are analyzed and compared in order to study and evaluate their correlation, a process that uses Geographical Information Systems (GIS). More specifically, the PET results from both approaches originally correlate at a moderate percentage of 50%.

However, after further study, having removed some of the outliers, the correlation is improved and is equal to 80%. As far as the WF_g results are concerned, they correlate from the very beginning at a percentage of 80%, due to the participation of the parameter of effective precipitation (P_{eff}) in its final calculation.

In addition, meteorological data is often incomplete compared to that of satellites and its distribution requires time and money. However, even though satellite data compares disadvantageously with meteorological data in providing past long term information, it is distributed directly at no cost, offering the possibility of direct update in real time. Furthermore, meteorological data differs from satellite data in terms of the spatial level it can be applied. Specifically, meteorological data is point recordings which are more effective in small-scale studies, while satellite data is continuous in space and time and may be implemented in larger-scale studies.

In conclusion, the meteorological approach correlates well with the remote sensing approach to the given spatial scale. However, as these approaches appear to have advantages and disadvantages, it is proposed that both types of data are used complementarily so as the results and conclusions to be more accurate.

Keywords: Water Resources Management, Water Footprint (WF), green component, potential evapotranspiration (PET), Remote Sensing, empirical methods, river basin, Water District of Western Peloponnese (GR01)

Περιεχόμενα

Περίληψη	i
Abstract.....	iii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	viii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	ix
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	x
Κεφάλαιο 1 ^ο – ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Υδάτινο Στοιχείο και Διαχείριση Υδάτινων Πόρων.....	2
1.2 Υδατικό Αποτύπωμα	5
1.3 Αντικείμενο & Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας.....	8
1.4 Διάρθρωση Διπλωματικής Εργασίας.....	9
Κεφάλαιο 2 ^ο - ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	11
2.1 Θεσμικό Πλαίσιο.....	12
2.2 Περιοχή Μελέτης.....	14
2.2.1. Φυσικά Χαρακτηριστικά Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Πελοποννήσου (ΥΔ01).....	15
2.2.2 Ανθρωπογενή Χαρακτηριστικά Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Πελοποννήσου (ΥΔ01)....	17
2.2.3 Χρήσεις Γης	18
Κεφάλαιο 3 - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	22
3.1 Προσδιορισμός του Υδατικού Αποτυπώματος (ΥΑ)	23
3.2 Προσδιορισμός της Πράσινης Συνιστώσας του Υδατικού Αποτυπώματος (ΥΑ _{πρ}).....	25
3.2.1 Προσδιορισμός της Δυνητικής Εξατμισοδιαπνοής (ΕΔ _δ) με Μετεωρολογικά Δεδομένα	26

α. Μέθοδος Blaney- Criddle.....	27
β. Μέθοδος Hargreaves	28
3.2.2 Προσδιορισμός της Δυνητικής Εξατμισοδιαπνοής (ΕΔ _δ) με Τηλεπισκοπικά Δεδομένα	29
α. Ψηφιακή Τηλεπισκόπηση.....	29
β. Προσδιορισμός του Υδατικού Αποτυπώματος με Τηλεπισκοπικά Δεδομένα	32
3.3 Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π.)	36
Κεφάλαιο 4 - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	37
4.1 Επεξεργασία Μετεωρολογικών Δεδομένων και Παρουσίαση Αποτελεσμάτων.....	38
4.1.2 Καλλιέργειες	41
4.1.3 Βοσκότοποι	42
4.1.4 Δασικές Εκτάσεις	43
4.1.5 Αποτελέσματα	44
4.2 Επεξεργασία Δορυφορικών Δεδομένων και Παρουσίαση Αποτελεσμάτων.....	47
4.2.1 Αποτελέσματα	49
4.3 Συγκριτική ανάλυση αποτελεσμάτων.....	52
4.3.1 Συγκριτική Ανάλυση Τιμών Δυνητικής Εξατμισοδιαπνοής (ΕΔ _δ).....	53
4.3.2 Συγκριτική Ανάλυση Ακραίων Τιμών Δυνητικής Εξατμισοδιαπνοής (ΕΔ _δ).....	58
4.3.3 Συγκριτική Ανάλυση Τιμών Πράσινου Υδατικού Αποτυπώματος (ΥΑ _{πρ}).....	59
Κεφάλαιο 5 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	62
5.1 Γενικά συμπεράσματα	63
5.2 Σύγκριση Μεθοδολογικών Προσεγγίσεων	64

5.2.1 Συμπεράσματα συγκριτικής ανάλυσης αποτελεσμάτων	65
5.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	67
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	68
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	73

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1.1 - Καταμερισμός υδάτων στη γήινη επιφάνεια	2
Διάγραμμα 1.2 - Καταμερισμός γλυκού νερού στη γήινη επιφάνεια	2
Διάγραμμα 1.3 - Καταμερισμός κατακρημνίσεων σε ευρωπαϊκό επίπεδο	3
Διάγραμμα 1.4 - Ποσοστιαία σύνθεση του ΥΑ της Ελλάδας	8
Διάγραμμα 2.1 - Εγχώρια κατανάλωση νερού	15
Διάγραμμα 2.2 – Κατανομή χρήσεων γης στο ΥΔ01	18
Διάγραμμα 2.3 – Κατανομή χρήσεων γης στη ΛΑΠ Αλφειού	20
Διάγραμμα 2.4 – Κατανομή χρήσεων γης στη ΛΑΠ Πάμισου – Νέδοντα - Νέδα	20
Διάγραμμα 4.1 - Συσχέτιση ΕΔ _δ διαχρονικά για τα έτη 2010 - 2013	53
Διάγραμμα 4.2 – 1η Διόρθωση της συσχέτισης της ΕΔ _δ διαχρονικά για τα έτη 2010 - 2013.....	53
Διάγραμμα 4.3 – Συσχέτιση δεδομένων ΕΔ _δ για το έτος 2010	54
Διάγραμμα 4.4 – Συσχέτιση δεδομένων ΕΔ _δ για το έτος 2011	54
Διάγραμμα 4.5 – Συσχέτιση δεδομένων ΕΔ _δ για το έτος 2012	54
Διάγραμμα 4.6 – Συσχέτιση δεδομένων ΕΔ _δ για το έτος 2013	55
Διάγραμμα 4.7 – Διόρθωση συσχέτισης δεδομένων ΕΔ _δ για το έτος 2010	55
Διάγραμμα 4.8 – Διόρθωση συσχέτισης δεδομένων ΕΔ _δ για το έτος 2011	56
Διάγραμμα 4.9 – Διόρθωση συσχέτισης δεδομένων ΕΔ _δ για το έτος 2012	56
Διάγραμμα 4.10 – Διόρθωση συσχέτισης δεδομένων ΕΔ _δ για το έτος 2013	56
Διάγραμμα 4.11 – Τελική Συσχέτιση ΕΔ _δ διαχρονικά (2010 – 2013)	58
Διάγραμμα 4.12 – Συσχέτιση ΥΑ _{πρ} διαχρονικά για τα έτη 2010 – 2013	59
Διάγραμμα 4.13 – Συσχέτιση ΥΑ _{πρ} διαχρονικά για τα έτη 2010 – 2013 χωρίς τους προβληματικούς δήμους	60
Διάγραμμα 4.14 – Συσχέτιση ΥΑ _{πρ} για το έτος 2010.....	60
Διάγραμμα 4.15 – Συσχέτιση ΥΑ _{πρ} για το έτος 2011.....	61
Διάγραμμα 4.16 – Συσχέτιση ΥΑ _{πρ} για το έτος 2012.....	61
Διάγραμμα 4.17 – Συσχέτιση ΥΑ _{πρ} για το έτος 2013.....	61

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 - Υδρολογικός Κύκλος	3
Εικόνα 1.2 - Μέσο εθνικό ΥΑ ανά κάτοικο	7
Εικόνα 2.1 - Υδατικά Διαμερίσματα Ελλάδας	12
Εικόνα 2.2 - Προστατευόμενες Περιοχές ΥΔ01.....	16
Εικόνα 2.3 – Υδρογραφικό Δίκτυο ΥΔ01	17
Εικόνα 2.4 –Κύριες Υδρολογικές Λεκάνες Απορροής ΥΔ01	17
Εικόνα 2.5 – Διοικητική Διάρθρωση ΥΔ01	18
Εικόνα 2.6 – Δομή Υδατικών Συστημάτων ΥΔ01	18
Εικόνα 2.7 – Χρήσεις γης στο ΥΔ01 σύμφωνα με το Corine 2000.....	19
Εικόνα 3.1 – Στοιχεία τηλεπισκοπικής διαδικασίας.....	30
Εικόνα 3.2 - Δορυφορικές απεικονίσεις από τους 5 αισθητήρες του δορυφόρου Terra	34
Εικόνα 3.3 – Παράδειγμα εφαρμογής ατμοσφαιρικών διορθώσεων σε εικόνα του δορυφόρου MODIS.....	35
Εικόνα 3.4 - Διάγραμμα ροής της λογικής του αλγορίθμου υπολογισμού της ημερήσιας ET του MODIS	36
Εικόνα 4.1 – Κατανομή μετεωρολογικών σταθμών για το έτος 2013	39
Εικόνα 4.2 - Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα (ΥΑ _{πρ}) για τις καλλιέργειες του ΥΔ01 για το έτος 2012	45
Εικόνα 4.3 – Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα (ΥΑ _{πρ}) για τους βοσκοτόπους του ΥΔ01 για το έτος 2012.....	45
Εικόνα 4.4 – Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα (ΥΑ _{πρ}) για τις δασικές εκτάσεις του ΥΔ01 για το έτος 2012	45
Εικόνα 4.5 – Συνολικό Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα (ΥΑ _{πρ}) για το ΥΔ01 για το έτος 2012.....	45
Εικόνα 4.6 – Συνολικό Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα (ΥΑ _{πρ}) του ΥΔ01 για το έτος 2010	46
Εικόνα 4.7 - Συνολικό Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα (ΥΑ _{πρ}) του ΥΔ01 για το έτος 2011	46
Εικόνα 4.8 - Συνολικό Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα (ΥΑ _{πρ}) του ΥΔ01 για το έτος 2012	46
Εικόνα 4.9 - Συνολικό Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα (ΥΑ _{πρ}) του ΥΔ01 για το έτος 2013	46
Εικόνα 4.10 - Παγκόσμια ετήσια εξατμισοδιαπνοή (2000 - 2006).....	47
Εικόνα 4.11 – Γεωαναφερμένη δορυφορική εικόνα.....	48
Εικόνα 4.12 – Δορυφορική εικόνα μετά τον περιορισμό των ορίων της αρχικής	48
Εικόνα 4.13 - Δυνητική εξατμισοδιαπνοή Μαρτίου 2010	49
Εικόνα 4.14 - Δυνητική εξατμισοδιαπνοή Μαΐου 2010.....	49
Εικόνα 4.15 - Δυνητική εξατμισοδιαπνοή Αυγούστου 2010.....	49
Εικόνα 4.16 - Δυνητική εξατμισοδιαπνοή Νοεμβρίου 2010.....	49
Εικόνα 4.17 – Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή (ΕΔ) από τηλεπισκοπικά δεδομένα για τον Ιούλιο του 2012...50	
Εικόνα 4.18 – Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή (ΕΔ) από τηλεπισκοπικά δεδομένα για τον Απρίλιο του 2012 50	
Εικόνα 4.19 – Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή (ΕΔ _δ) από τηλεπισκοπικά δεδομένα για τον Ιούλιο του 2012	50
Εικόνα 4.20 - Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή (ΕΔ _δ) από τηλεπισκοπικά δεδομένα για τον Απρίλιο του 2012	50
Εικόνα 4.21 - Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα (ΥΑ _{πρ}) από τηλεπισκοπικά δεδομένα για το έτος 2010.....	51
Εικόνα 4.22 - Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα (ΥΑ _{πρ}) από τηλεπισκοπικά δεδομένα για το έτος 2012.....	51

Εικόνα 4.23 - Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα ($YA_{\text{πρ}}$) από τηλεπισκοπικά δεδομένα για το έτος 2012.....	51
Εικόνα 4.24 - Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα ($YA_{\text{πρ}}$) από τηλεπισκοπικά δεδομένα για το έτος 2013.....	51

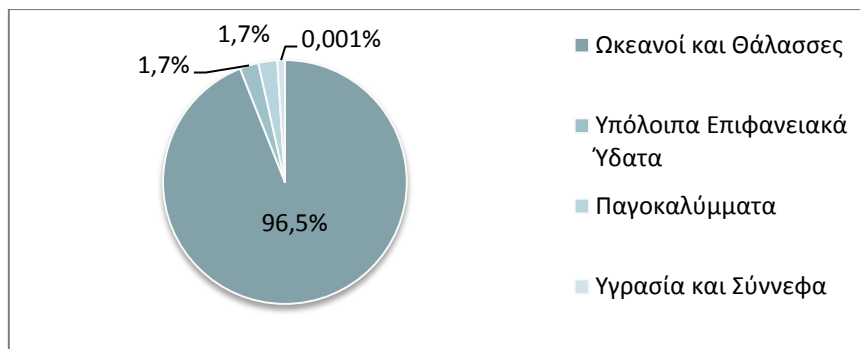
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1 - Χωρική και χρονική ανάλυση για τον υπολογισμό του YA	7
Πίνακας 4.1 - Διαθέσιμοι μετεωρολογικοί σταθμοί σε ετήσια βάση	40
Πίνακας 4.2 - Συντελεστής ρ	41
Πίνακας 4.3 – Μηνιαίος συντελεστής (MF).....	43

Κεφάλαιο 1^ο – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

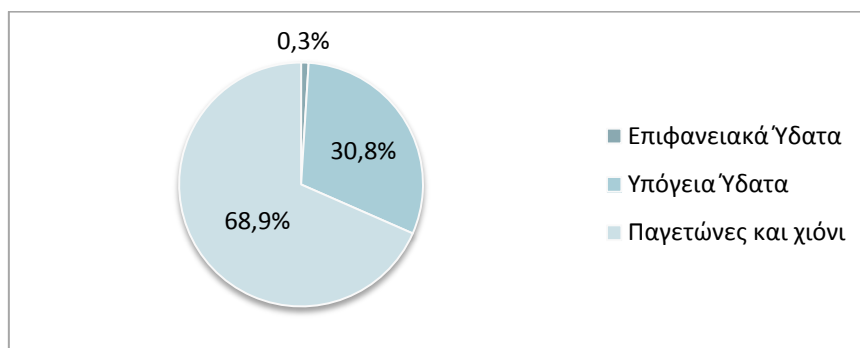
1.1 Υδάτινο Στοιχείο και Διαχείριση Υδάτινων Πόρων

Το υδάτινο στοιχείο αποτελεί μία από τις βασικές συνιστώσες για την ύπαρξη ζωής στον πλανήτη, η οποία όμως κατανέμεται άνισα στη γήινη επιφάνεια (Διάγραμμα 1.1), καθώς ποσοστό ίσο με 96,5% αναλογεί στους ωκεανούς και τις θάλασσες, ποσοστό 3,4% μοιράζεται ισότιμα στα υπόλοιπα επιφανειακά νερά και στα παγοκαλύμματα, ενώ τέλος μόλις το 0,001% αντιπροσωπεύει την υγρασία και τα σύννεφα (Υ.ΠΕ.ΚΑ., 2015).



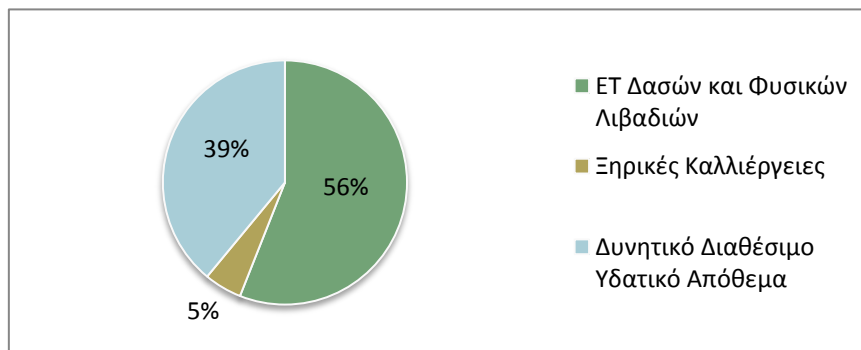
Διάγραμμα 1.1 - Καταμερισμός υδάτων στη γήινη επιφάνεια
Πηγή: Υ.ΠΕ.ΚΑ., 2015

Από τα παραπάνω διαφαίνεται ότι από τη συνολική ποσότητα υδάτων στη Γη μόνο το 2,5% θεωρείται «γλυκό νερό», δηλαδή εκμεταλλεύσιμο για την πλειοψηφία των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Αναλυτικότερα, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 1.2, από το αποθεματικό «γλυκό νερό» στη Γη, ποσοστό μόλις 0,3% αντιστοιχεί στα επιφανειακά ύδατα, 30,8% στους υπόγειους υδροφορείς (συμπεριλαμβανομένων της εδαφικής υγρασίας, των ελών και του μόνιμα παγωμένου υπεδάφους) ενώ το υπόλοιπο 68,9% είναι δεσμευμένο στους παγετώνες, τα παγοκαλύμματα και τις περιοχές που είναι μόνιμα καλυμμένες με χιόνι (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015).



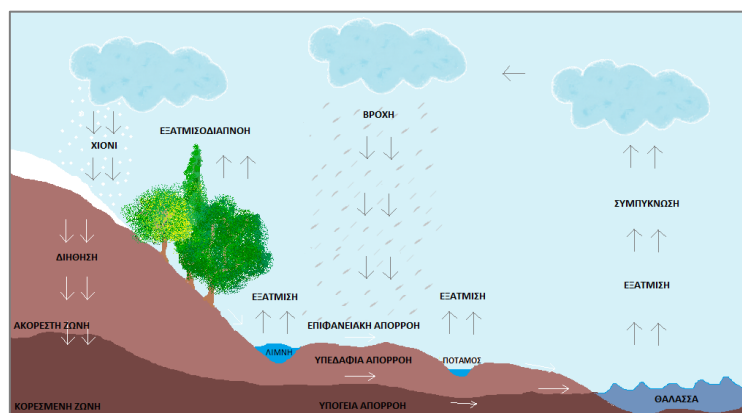
Διάγραμμα 1.2 - Καταμερισμός γλυκού νερού στη γήινη επιφάνεια
Πηγή: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015

Ιδανικά, οι υδατικές ανάγκες μιας περιοχής θα έπρεπε να καλύπτονται από τους υδάτινους της πόρους και τις λειτουργίες της εδαφικής διείδυσης του νερού, της εξατμισοδιαπνοής του και της απορροής των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Ωστόσο, τα φαινόμενα υπερπληθυσμού, υπερκατανάλωσης και ρύπανσης, συνδυαζόμενα με τη δύσκολη πρόσβαση στις πηγές υδάτων αλλά και την άνιση κατανομή τους στο χώρο και στο χρόνο, οδηγούν στην ποσοτική και την ποιοτική ανεπάρκεια του νερού. Ειδικότερα σε ευρωπαϊκό επίπεδο, τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, κατανέμονται κατά 56% στην εξατμισοδιαπνοή από τα δάση και τα φυσικά τοπία, ενώ ποσοστό 5% απορροφάται από τις ξηρικές καλλιέργειες και μόνο ένα ποσοστό 39% αποτελεί το διαθέσιμο θεωρητικά υδάτινο απόθεμα για τις δραστηριότητες άρδευσης, βιομηχανίας και αστικής χρήσης (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015).



Διάγραμμα 1.3 - Καταμερισμός κατακρημνίσεων σε ευρωπαϊκό επίπεδο
Πηγή: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015

Είναι λοιπόν φανερό ότι η σημασία του νερού στον κύκλο της ζωής και η περιορισμένη διαθεσιμότητά του είναι δύο στοιχεία που το ανάγουν από «φυσικό πόρο» σε «κοινωνικό αγαθό», καθώς όπως αυτό κινείται μεταξύ θάλασσας, ατμόσφαιρας και ξηράς (Εικόνα 1.1), συμβάλλει καθοριστικά στη διαμόρφωση του κλίματος αλλά και των συνθηκών διαβίωσης σε μία περιοχή.



Εικόνα 1.1 - Υδρολογικός Κύκλος
Πηγή: Τσακίρης (1995), Ιδία επεξεργασία

Αναδεικνύεται λοιπόν επιτακτικά, η ανάγκη διαμόρφωσης και εφαρμογής πολιτικών και δράσεων, οι οποίες με τον κατάλληλο σχεδιασμό και παρακολούθηση, θα μπορέσουν να θέσουν τα θεμέλια για μια ορθολογική εκμετάλλευση των υδατικών πόρων. Συγκεκριμένα, μέσα από αυτές τις διαδικασίες, στοχεύεται να αποτιμηθούν η προσφορά και η ζήτηση του νερού, με την ταυτόχρονη καταγραφή προβλημάτων όπως η λειψυδρία και η πλημμύρα των επιφανειακών και των υπόγειων υδροφορέων. Σημαντικές προϋποθέσεις για τη διαχείριση των υδάτων αποτελούν, αρχικά η μελέτη των δεδομένων σε επίπεδο υδατικών συστημάτων, όπως είναι τα υδατικά διαμερίσματα ή οι λεκάνες απορροής και στη συνέχεια η δυνατότητα εφαρμογής των πολιτικών αυτών για όλες τις χρήσεις γλυκού νερού. Οι χρήσεις αυτές σύμφωνα με τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (Food and Agriculture Organization of the United Nations), διακρίνονται κυρίως στην αγροτική, τη βιομηχανική και την αστική.

Βάσει λοιπόν, των δυσμενών συνθηκών εκμετάλλευσης των υδατικών πόρων σε συνδυασμό με την γενικότερη τάση για μακροπρόθεσμη βελτίωση και προστασία των νερών και των αντίστοιχων οικοσυστημάτων, πραγματοποιείται μία παγκόσμια προσπάθεια διαχείρισής τους με την ανάπτυξη εργαλείων αποτίμησης των υδατικών πιέσεων. Με τη χρήση τέτοιων εργαλείων, δύναται να εξαχθούν συμπεράσματα, χρησιμοποιώντας επίγειες (ground truth), εναέριες ή δορυφορικές παρατηρήσεις. Διευκολύνεται με αυτόν τον τρόπο η καταγραφή, η παρακολούθηση και η προστασία των υδατικών πόρων, ενώ παράλληλα παρέχεται η δυνατότητα οπτικοποίησης των αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων, με σκοπό την ολοκληρωμένη ανάπτυξη, αξιολόγηση και παρουσίαση των προτεινόμενων σχεδίων.

Στα εργαλεία αποτίμησης των υδατικών απαιτήσεων συγκαταλέγεται ο δείκτης του Υδατικού Αποτυπώματος (ΥΑ), ο οποίος προτάθηκε από τον Hoekstra (2002) και χρησιμοποιείται για την ανάδειξη της ποσότητας νερού που υπάρχει -εμφανώς ή όχι- στα προϊόντα και τις υπηρεσίες, σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας. Το Υδατικό Αποτύπωμα μελετάται σε τρεις συνιστώσες: την πράσινη, την μπλε και την γκρι, διακρίνοντας με αυτόν τον τρόπο τις απαιτήσεις βρόχινου νερού από αυτές του αρδευτικού νερού και του νερού που είναι απαραίτητο για την αφομοίωση των ρυπαντικών φορτίων στο περιβάλλον, αντίστοιχα. Τέλος, καθοριστικό ρόλο στην δυνατότητα εφαρμογής του ΥΑ και αντίστοιχων εργαλείων, αλλά και στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων που προκύπτουν, διαδραματίζουν τα φυσικά και ανθρωπογενή χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης, οι κυρίαρχες χρήσεις γης και ο στόχος της εκάστοτε εφαρμογής.

1.2 Υδατικό Αποτύπωμα

Το αποτύπωμα ως όρος, χρησιμοποιείται για να περιγράψει την επίδραση της δραστηριότητας ενός ατόμου ή μίας ομάδας στο περιβάλλον. Σύμφωνα με αυτή τη λογική, αναπτύχθηκε το Οικολογικό Αποτύπωμα το οποίο εκτιμά την έκταση που απαιτείται για την επιβίωση των ανθρώπων, από όπου προέκυψε το Υδατικό Αποτύπωμα (ΥΑ) το οποίο αναφέρεται στον απαιτούμενο ετήσιο όγκο νερού για τον ανθρώπινο πληθυσμό (Wackernagel et al., 1996). Συγκεκριμένα, το ΥΑ προτάθηκε από τον Hoekstra (2002), ως ένας δείκτης της κατανάλωσης και της ρύπανσης του νερού κατά την παραγωγή αγαθών ή/και υπηρεσιών που καταναλώνονται από ένα συγκεκριμένο άτομο, επιχείρηση ή έθνος. Συνηθέστερα, το ΥΑ εκφράζεται ως ο όγκος του γλυκού νερού που χρησιμοποιείται για ένα έτος, ενώ επίσης διαιρούμενο με την παραγόμενη ποσότητα (μονάδες προϊόντος ανά μονάδα χρόνου) μπορεί να εκφραστεί ως ο όγκος του νερού ανά μονάδα προϊόντος (Hoekstra et al., 2011). Παρότι αποτελεί έναν νεοσύστατο επιστημονικό δείκτη, το ΥΑ χρησιμοποιείται συχνά στη βελτιστοποίηση της διαχείρισης των υδατικών πόρων χάριν στην ικανότητά του να συνδυάζεται με τους παραδοσιακούς δείκτες χρήσης γης (Charagain et al., 2004).

Η έννοια του ΥΑ συνδέεται επίσης στενά με αυτή του «εικονικού νερού» (virtual water), το οποίο αναφέρεται στην ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενός αγαθού ή μιας υπηρεσίας (Allan, 1993). Αποκαλείται «εικονικό», «κρυμμένο» ή «αόρατο» διότι μετά την παραγωγή, η πραγματική ποσότητα νερού που χρησιμοποιήθηκε δεν εμπεριέχεται πλέον στο προϊόν. Το ΥΑ όμως διαφέρει ως προς την έννοια του «εικονικού νερού» επειδή συμπεριλαμβάνει τις έννοιες του χώρου και του χρόνου, προσδιορίζοντας όχι μόνο την συνολική ποσότητα του νερού που καταναλώθηκε ή/και ρυπάνθηκε, αλλά και την πηγή προέλευσής του και το χρονικό διάστημα που αυτό συνέβη.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το ΥΑ αποτελεί δείκτη τριών συνιστωσών: της πράσινης, της μπλε και της γκρι και υπολογίζεται ως το άθροισμα αυτών:

$$ΥΑ = \text{Πράσινη Συνιστώσα } (ΥΑ_{\text{πρ}}) + \text{Μπλε Συνιστώσα } (ΥΑ_{\text{μπ}}) + \text{Γκρι Συνιστώσα } (ΥΑ_{\text{γκρι}}) \quad (1.1)$$

Αναλυτικότερα, η πράσινη συνιστώσα ή πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα ($ΥΑ_{\text{πρ}}$) συνιστά την συνεισφορά της βροχόπτωσης που δεν απορρέει ούτε εμπλουτίζει τα υπόγεια ύδατα, αλλά αντίθετα αποθηκεύεται ή παραμένει προσωρινά στο έδαφος και τη βλάστηση. Αυτή η ποσότητα επανέρχεται στον υδρολογικό κύκλο μέσω της εξατμισοδιαπνοής, διαδραματίζοντας σημαντικό

ρόλο στη γεωργική και τη δασοκομική παραγωγή (Hoekstra et al., 2011). Ο όγκος του βρόχινου νερού που καταναλώνεται κατά την παραγωγική διαδικασία περιγράφεται από τη σχέση:

$$YA_{\text{πρ}} = \text{Εξάτμιση Πράσινου Νερού} + \text{Ενσωμάτωση Πράσινου Νερού στο Προϊόν} \quad (1.2)$$

Αντίστοιχα, η μπλε συνιστώσα ή μπλε Υδατικό Αποτύπωμα ($YA_{\text{μπ}}$) αναφέρεται στην κατανάλωση των επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων. Η εν λόγω κατανάλωση αφορά στις απώλειες του νερού κυρίως εξαιτίας της εξάτμισης, αλλά και λόγω της ενσωμάτωσής του σε κάποιο προϊόν ή της οριστικής απομάκρυνσής του από τη λεκάνη απορροής (Hoekstra et al., 2011). Το $YA_{\text{μπ}}$ περιγράφεται από τη σχέση:

$$YA_{\text{μπ}} = \text{Εξάτμιση Μπλε Νερού} + \text{Ενσωμάτωση Μπλε Νερού στο Προϊόν} + \text{Απώλεια Νερού} \quad (1.3)$$

Σημαντικό είναι να διαχωρίζονται η μπλε από την πράσινη συνιστώσα καθώς η χρήση των μπλε και των πράσινων υδατικών πόρων στην παραγωγική διαδικασία διαφέρει ως προς τις υδρολογικές, τις περιβαλλοντικές και κυρίως τις κοινωνικές τους επιπτώσεις. Αναλυτικότερα, η μπλε υδατική χρήση αφορά κυρίως στην άρδευση και στην ύδρευση, ενώ η πράσινη αναφέρεται σχεδόν αποκλειστικά στη γεωργική παραγωγή (Σταθάτου, 2011). Βέβαια, ο διαχωρισμός αυτός εξακολουθεί να είναι πολύπλοκος (Hoekstra et al., 2011).

Τέλος, σε ό,τι αφορά στην γκρι συνιστώσα ή γκρι Υδατικό Αποτύπωμα ($YA_{\text{γκρι}}$) αυτή καθορίζει τον απαιτούμενο όγκο νερού για την αφομοίωση του ρυπαντικού φορτίου που συγκεντρώνεται στο περιβάλλον κατά την παραγωγή ενός προϊόντος ή μίας υπηρεσίας. Ειδικότερα, με το $YA_{\text{γκρι}}$ εκτιμάται ο βαθμός ρύπανσης των υδατικών πόρων και προσδιορίζεται η απαιτούμενη ποσότητα νερού για την αραίωση των ρύπων στους υδατικούς πόρους σύμφωνα με τα ισχύοντα πρότυπα ποιότητας (Hoekstra et al., 2011; Chapagain & Hoekstra, 2007):

$$YA_{\text{γκρι}} = \frac{\text{Ρυπαντικό Φορτίο}}{(\text{Μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση ρύπου} - \text{Φυσική συγκέντρωση ρύπου})} \quad (1.4)$$

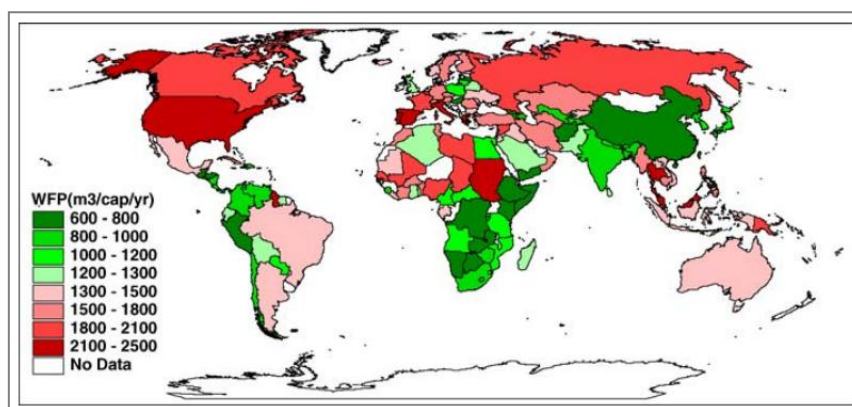
Η διαφοροποίηση των τριών συνιστωσών του ΥΑ αποτελεί το συγκριτικό πλεονέκτημά του σε σχέση με τους παραδοσιακούς δείκτες κατανάλωσης νερού. Αυτό, συνδέεται με το γεγονός ότι κατά τον υπολογισμό του απαιτούμενου όγκου νερού, για την παραγωγή ενός αγαθού ή μίας υπηρεσίας, υπολογίζονται η υδατική χρήση και η ρύπανση σε κάθε στάδιο της αλυσίδας παραγωγής. Επιπλέον, το ΥΑ καθιστά ορατή τη σύνδεση μεταξύ της κατανάλωσης σε τοπικό επίπεδο και της εκμετάλλευσης σε παγκόσμιο επίπεδο των υδατικών αποθεμάτων. Εν τέλει, διαπιστώνεται ότι το

ΥΑ αποτελεί έναν εμπειρικό δείκτη, ο οποίος μπορεί να εφαρμοστεί στην αποτίμηση των υδατικών αναγκών ατόμων ή ομάδων, για οποιαδήποτε δραστηριότητα παραγωγής αγαθών ή υπηρεσιών και σε κάθε είδους χωρική και χρονική κλίμακα (Gheewala et al., 2014). Πιο αναλυτικά, οι δυνατότητες χωρικής και χρονικής ανάλυσης του ΥΑ, αλλά και οι αντίστοιχες πηγές δεδομένων, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.1:

Επίπεδο	Χωρική Ανάλυση	Χρονική Ανάλυση	Πηγές στοιχείων
A	Παγκόσμιος Μέσος Όρος	Ετήσια	Διαθέσιμη βιβλιογραφία και βάσεις δεδομένων για την παγκόσμια τυπική κατανάλωση και ρύπανση του νερού ανά προϊόν ή διαδικασία
B	Εθνικό, Περιφερειακό ή Λεκάνη Απορροής	Ετήσιας ή Μηνιαία	Διαθέσιμη βιβλιογραφία και βάσεις δεδομένων για την τυπική κατανάλωση και τη ρύπανση του νερού ανά προϊόν ή διαδικασία
Γ	Μικρή λεκάνη απορροής ή τομέας	Μηνιαία ή Καθημερινή	Εμπειρικά δεδομένα ή επιτόπου μετρήσεις και εκτιμήσεις για την κατανάλωση και τη ρύπανση του νερού

Πίνακας 1.1 - Χωρική και χρονική ανάλυση για τον υπολογισμό του ΥΑ
 Πηγή: Hoekstra et al., 2011

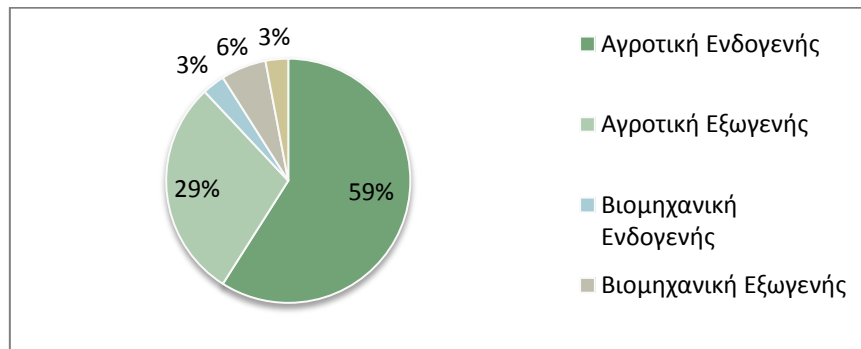
Σύμφωνα με τους Charagain και Hoekstra (2007), οι οποίοι υπολόγισαν το παγκόσμιο ΥΑ βάσει των στατιστικών στοιχείων της περιόδου 1997-2001 (Εικόνα 1.2), η Ελλάδα συγκαταλέγεται στις χώρες με τα υψηλότερα ΥΑ ανά κάτοικο, κυρίως εξαιτίας της ανάπτυξης της γεωργίας αλλά και της πλημμελούς διαχείρισης των υδατικών πόρων. Από το συνολικό ΥΑ της Ελλάδας, το οποίο ανέρχεται στα 2.389 m³/άτομο/έτος, ποσοστό 54% αφορά στους εγχώριους υδατικούς πόρους και το υπόλοιπο 46% στους εκχώριους (Mekonnen και Hoekstra, 2011).



Εικόνα 1.2 - Μέσο εθνικό ΥΑ ανά κάτοικο
 Πηγή: Charagain & Hoekstra, 2007

Επιπροσθέτως, σύμφωνα με τον Στάμου (2010) το εθνικό ΥΑ, αφορά κατά 3% στην οικιακή χρήση, 6% στη βιομηχανική εξωγενή χρήση, 3% στη βιομηχανική ενδογενή χρήση, 29% στην αγροτική

εξωγενή και τέλος 59% στην αγροτική ενδογενή χρήση (Διάγραμμα 1.4). Συμπεραίνεται λοιπόν, ότι τα εθνικά ύδατα επιβαρύνονται κατά κύριο λόγο από τη γεωργία, η οποία ικανοποιείται κυρίως από το αρδευτικό νερό ($YA_{μπ}$) αλλά και από τη βροχόπτωση ($YA_{πρ}$). Επιπλέον, σημαντικό είναι και το $YA_{γκρι}$ της γεωργίας, εξαιτίας της εκτεταμένης χρήσης λιπασμάτων.



Διάγραμμα 1.4 - Ποσοστιαία σύνθεση του YA της Ελλάδας
Πηγή: Στάμου, 2010

Δεδομένων των προαναφερθέντων στοιχείων περί χρησιμότητας του δείκτη του YA στην αποτίμηση των υδατικών απαιτήσεων μιας περιοχής, αλλά και της διαπίστωσης του κυρίαρχου ρόλου της γεωργίας στην υδατική επιβάρυνση, σκόπιμο κρίθηκε σε αυτή τη διπλωματική να προσδιοριστεί η πράσινη συνιστώσα του. Απώτερος στόχος αυτής της απόφασης ήταν να αξιολογηθεί η πιθανότητα προσδιορισμού του $YA_{πρ}$ με δορυφορικά δεδομένα, τα οποία εκ των πραγμάτων προσδίδουν αμεσότητα στη διαδικασία, έναντι των κλιματικών δεδομένων από μετεωρολογικούς σταθμούς, τα οποία απαιτούν πιο χρονοβόρες διαδικασίες συλλογής και επεξεργασίας.

1.3 Αντικείμενο & Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί ο υπολογισμός της πράσινης συνιστώσας του Υδατικού Αποτυπώματος ($YA_{πρ}$) για τις χρήσεις γης: καλλιέργειες, βοσκότοποι και δασικές εκτάσεις, του Υδατικού Διαμερίσματος της Δυτικής Πελοποννήσου ($YΔ01$) για χρονική περίοδο τεσσάρων ετών (2010 – 2013).

Ο υπολογισμός του $YA_{πρ}$ πραγματοποιείται σύμφωνα με την ογκομετρική προσέγγιση του YA (Hoekstra και Charagain, 2007) κατά την οποία βασική παράμετρος για τον υπολογισμό του $YA_{πρ}$ αποτελεί η δυνητική εξατμισοδιαπνοή ($ΕΔ_δ$). Η $ΕΔ_δ$ σε πρώτη φάση προσεγγίζεται με την εφαρμογή εμπειρικών μεθόδων και συγκεκριμένα με τις εξισώσεις των Blaney – Criddle για τις καλλιέργειες και τους βοσκοτόπους και την εξίσωση Hargreaves για τις δασικές περιοχές. Στη συνέχεια, η $ΕΔ_δ$

επαναπροσδιορίζεται από δορυφορικά δεδομένα MODIS. Ακολουθεί, ο υπολογισμός της πράσινης συνιστώσας του YA, όπως προκύπτει με βάση και τις δύο προσεγγίσεις της EΔ_δ.

Σύμφωνα με την «Οδηγία 2000/60/ΕΚ για τα νερά» οι υδρολογικές αναλύσεις εφαρμόζονται σε επίπεδο υδατικών συστημάτων, για αυτό και ως περιοχή μελέτης στην παρούσα διπλωματική εργασία ορίστηκε το ΥΔ01. Πέραν όμως των κατευθύνσεων της Οδηγίας, η εν λόγω περιοχή ενδείκνυται για τον προσδιορισμό του YA_{πρ} καθώς καλύπτεται σε μεγάλο μέρος της από καλλιέργειες, βοσκοτόπους και δάση, η ανάπτυξη των οποίων εξαρτάται μερικώς ή εξ ολοκλήρου από το πράσινο νερό.

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η σύγκριση των δύο προσεγγίσεων για τον προσδιορισμό του YA_{πρ}, ώστε αυτές να συσχετισθούν και να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητά τους στις διαδικασίες αποτίμησης των υδάτινων αναγκών, στη δεδομένη περιοχή μελέτης, για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Αρχικά υπολογίζεται η EΔ_δ χρησιμοποιώντας μετεωρολογικά δεδομένα και εμπειρικές μεθόδους και εν συνεχεία αυτή προσδιορίζεται απευθείας από δορυφορικά δεδομένα. Έπειτα, υπολογίζεται το YA_{πρ} βάσει των τιμών EΔ_δ κάθε προσέγγισης και εν τέλει τα αποτελέσματα (EΔ_δ, YA_{πρ}) των δύο μεθόδων συγκρίνονται. Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π.) παίζουν σημαντικό ρόλο σε όλα τα στάδια της διαδικασίας επίτευξης του στόχου.

1.4 Διάρθρωση Διπλωματικής Εργασίας

Η διάρθρωση της εν λόγω διπλωματικής εργασίας αναπτύσσεται σε πέντε κεφάλαια, κάθε ένα από τα οποία αποτελείται από επιμέρους ενότητες και υποενότητες.

Το παρόν κεφάλαιο αποτελεί το 1^ο Κεφάλαιο «ΕΙΣΑΓΩΓΗ», όπου τίθεται το πρόβλημα της έλλειψης νερού και τονίζεται η ανάγκη για την ορθολογική διαχείριση των υδάτινων πόρων. Στη συνέχεια, αναλύεται η έννοια του Υδατικού Αποτυπώματος ως εργαλείο αποτίμησης των υδατικών αναγκών ενώ τέλος, παρουσιάζεται ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας και η διάρθρωσή της.

Στο 2^ο Κεφάλαιο «ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ», παρουσιάζεται το ισχύον θεσμικό πλαίσιο περί υδάτων διεθνώς και η εναρμόνισή τους με την ελληνική νομοθεσία. Επιπλέον, αναλύεται η υφιστάμενη κατάσταση της περιοχής μελέτης ως προς την θέση της, τα περιβαλλοντικά και ανθρωπογενή χαρακτηριστικά της καθώς και τις χρήσεις γης.

Στο 3^ο Κεφάλαιο «ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ», παρουσιάζεται η μεθοδολογία με την οποία υπολογίζεται το συνολικό Υδατικό Αποτύπωμα (ΥΑ), αλλά και κάθε μία από τις τρεις συνιστώσες του: η μπλε, η πράσινη και η γκρι. Ιδιαίτερα αναπτύσσεται ο τρόπος υπολογισμού του πράσινου ΥΑ, στον οποίο συμμετέχει ενεργά η δυναμική εξατμισοδιαπνοή (E_{δ}), έννοια η οποία αναλύεται διεξοδικά ως προς τη χρησιμότητα και τις μεθόδους προσδιορισμού της. Συγκεκριμένα, αναλύονται οι εμπειρικές μέθοδοι προσδιορισμού της E_{δ} με χρήση μετεωρολογικών δεδομένων και ο τρόπος προσδιορισμού της με δορυφορικά δεδομένα. Τέλος, περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο εντάσσονται στη διαδικασία υπολογισμού τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π.).

Στο 4^ο Κεφάλαιο «ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ», το $ΥΑ_{\text{πρ}}$ υπολογίζεται αρχικά χρησιμοποιώντας δεδομένα από μετεωρολογικούς σταθμούς και έπειτα από δορυφορικά δεδομένα (MODIS). Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων, σε μορφή χαρτών και πινάκων, ενώ τέλος πραγματοποιείται η συγκριτική τους ανάλυση.

Στο 5^ο και τελευταίο Κεφάλαιο «ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ», αναπτύσσονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή των δύο μεθόδων, τα αποτελέσματα και τη σύγκρισή τους, ενώ επίσης διατυπώνονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Κεφάλαιο 2^ο - ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

2.1 Θεσμικό Πλαίσιο

Η διαχείριση των υδατικών πόρων αποτελεί φλέγον ζήτημα σε παγκόσμιο επίπεδο καθώς συνδέεται άμεσα με την αντιμετώπιση των προβληματικών καταστάσεων που σχετίζονται με τη διαθεσιμότητα και την ποιότητα των υδάτων. Η διαμόρφωση πολιτικών διαχείρισης βασίζεται στην συνεκτίμηση της φυσικής προσφοράς του νερού σε αντιστοιχία με τη ζήτησή του, ενώ παράλληλα οφείλει να διαθέτει βραχυπρόθεσμη αλλά και μακροπρόθεσμη διάσταση. Στην ουσία, οι πολιτικές διαχείρισης των υδάτων, στόχο έχουν την μέγιστη –κατά το δυνατόν- κάλυψη των απαιτήσεων σε νερό μέσω της συστηματικής παρακολούθησης των υδατικών πόρων μιας περιοχής, συνεκτιμώντας τη φυσική και κοινωνικό-οικονομική επίδρασή τους (Κοντοπίδης, 2003).

Στον ελλαδικό χώρο, με τη θέσπιση των Ν. 1650/86 «για την προστασία του περιβάλλοντος» και Ν. 1739/87 «για τη διαχείριση των υδατικών πόρων», από τη μία το νερό θεωρήθηκε αναπόσπαστο στοιχείο του περιβάλλοντος, το οποίο πρέπει να παρακολουθείται και να ελέγχεται, και από την άλλη θεσμοθετήθηκαν διαδικασίες και όργανα για την άσκηση διαχείρισης των υδάτων σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο. Πιο συγκεκριμένα, με τους εν λόγω νόμους, το θεσμικό πλαίσιο για τους υδατικούς πόρους, έπαψε να έχει επικαλύψεις και αναντιστοιχίες και τέθηκαν τα θεμέλια για μία πιο συστηματική αντιμετώπιση, με άξονες τη σύνδεση και την εναρμόνιση των εκάστοτε προγραμμάτων με τις υφιστάμενες αναπτυξιακές τάσεις. Βασικό σημείο της προαναφερθείσας νομοθεσίας αποτελεί η διαίρεση της χώρας, βάσει του Ν. 1739/87, σε 14 Υδατικά Διαμερίσματα (ΥΔ), σύνολα δηλαδή λεκανών απορροής με κατά το δυνατόν όμοιες υδρολογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες, τα οποία αποτελούν το περιφερειακό επίπεδο στον τομέα της διαχείρισης του νερού (Εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1 - Υδατικά Διαμερίσματα Ελλάδας

Πέραν αυτών, βασικό άξονα για τη διαχείριση των υδάτων αποτελεί η ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/60/ΕΚ «για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων», με την οποία εναρμονίστηκε η ελληνική νομοθεσία με τον Ν.3199/2003 «Προστασία και διαχείριση υδάτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000» (ΦΕΚ 280 Α/09.12.2003) και το ΠΔ 51/2007 (ΦΕΚ 54 Α/08.03.2007). Στις διατάξεις του εν λόγω νόμου εισήχθησαν οι βασικές έννοιες της Οδηγίας και συγκροτήθηκε η νέα διοικητική δομή, βάσει της οποίας καθορίστηκαν οι νέοι φορείς και οι αρμοδιότητές τους σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο (opengov.gr, 2014).

Συγκεκριμένα, κύριο ευρωπαϊκό στόχο αποτελεί η ομογενοποίηση των κριτηρίων και της αντίληψης της διαχείρισης των υδατικών πόρων, με συμμετοχικότητα και προκαθορισμένο χρονοδιάγραμμα (2002 -2015), εισάγοντας πολιτικές ολοκληρωμένης διαχείρισης σε επίπεδο λεκάνης απορροής. Τα σημαντικότερα σημεία της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ είναι:

- η αποτροπή της περαιτέρω υποβάθμισης και η προστασία και βελτίωση της κατάστασης όλων των υδατικών πόρων,
- η προώθηση πολιτικών βιώσιμης διαχείρισης των υδάτων μέσω της εφαρμογής μακροπρόθεσμων σχεδίων προστασίας τους,
- η ενίσχυση της προστασίας των υδάτων με εφαρμογή κατάλληλων μέτρων κατά της απόρριψης ρυπαντικών ουσιών,
- ο προσδιορισμός και η επικαιροποίηση των ειδικών καταλόγων επικινδυνότητας,
- η σταδιακή αποκατάσταση της ποιότητας των υδατικών πόρων και
- η αντιμετώπιση των επιπτώσεων ακραίων φαινομένων, όπως οι πλημμύρες και η ξηρασία.

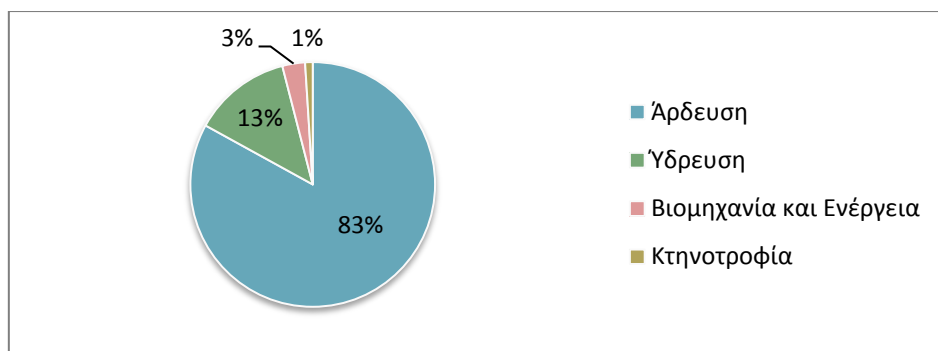
Ειδικά στον Ελλαδικό χώρο, σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ, αναγνωρίστηκαν οι υδατικές ανάγκες και συγκροτήθηκαν νέοι φορείς για την προστασία και διαχείριση των υδάτων στη χώρα. Οι φορείς αυτοί είναι η Εθνική Επιτροπή Υδάτων και η Ειδική Γραμματεία Υδάτων, οι οποίοι είναι αρμόδιοι για την χάραξη πολιτικών, την παρακολούθηση, τον έλεγχο και την έγκριση των εθνικών προγραμμάτων προστασίας και διαχείρισης του υδατικού δυναμικού της χώρας, αλλά και τον καθορισμό των λεκανών απορροής (ΛΑΠ), των υδατικών διαμερισμάτων (ΥΔ) και των αρμόδιων για αυτά Περιφερειών. Οι νέες περιβαλλοντικές κατευθύνσεις, όπως επίσης και όλες οι πληροφορίες των υδατικών συστημάτων, εκφράζονται στα Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών, τα οποία καταρτίζονται για κάθε Υδατικό Διαμέρισμα ξεχωριστά. Σύμφωνα με τα Σχέδια Διαχείρισης,

διαμορφώνεται η οικολογική, χημική και ποσοτική εικόνα των υδάτων σε κάθε ΥΔ και πραγματοποιείται η αντίστοιχη οικονομική ανάλυση των υδατικών χρήσεων, ώστε να προταθούν τα προγράμματα και τα μέτρα που μπορούν να συμβάλλουν στη βελτίωση της κατάστασης στα επιφανειακά και υπόγεια υδατικά συστήματα. Βέβαια, παρά την ύπαρξη του αντίστοιχου θεσμικού πλαισίου, η διαχείριση των υδατικών πόρων σε εθνικό επίπεδο, παραμένει μία διαδικασία πολυσύνθετη και πολύπλοκη, εξαιτίας αφενός της αναντιστοιχίας της διοικητικής διάρθρωσης της χώρας με την δομή των υδατικών συστημάτων και αφετέρου εξαιτίας του έντονου και ποικιλόμορφου αναγλύφου της.

2.2 Περιοχή Μελέτης

Η Ελλάδα αποτελεί μία χώρα μικρής έκτασης (131.957km²), με έντονη γεωμορφολογία και ποικιλία επιφανειακών και υπόγειων υδροφορέων. Χαρακτηρίζεται από μεσογειακό κλίμα, με ήπιους και βροχερούς χειμώνες και ξηρά καλοκαίρια, το οποίο ωστόσο διαφοροποιείται από περιοχή σε περιοχή. Ειδικά σε ό,τι αφορά στη διαθεσιμότητα και την ποιότητα των υδατικών πόρων, αν και η ελληνική επικράτεια θεωρείται μία από τις ευνοημένες μεσογειακές χώρες, βασικό μειονέκτημα αποτελεί η ανομοιόμορφη κατανομή των υδάτων στο χρόνο και στο χώρο σε συνδυασμό με την πλημμυρή διαχείρισή τους. Συγκεκριμένα, διαπιστώνεται πως η Ελλάδα δεν αποτελεί εξαίρεση στο φαινόμενο της αναντιστοιχίας ανάμεσα στις θεωρητικές υδατικές ανάγκες των χρήσεων γης και στην πραγματική ζήτησή τους σε νερό. Αυτό συμβαίνει διότι η ζήτηση διαμορφώνεται βάσει των εκάστοτε προτύπων ζωής και συμπεριφοράς και αφορά σε ποσότητες νερού, με συγκεκριμένες ποιοτικές προδιαγραφές και χρονικές κατανομές. Σύμφωνα με το ΥΠ.ΑΝ. (2003), η κατανάλωση γλυκού νερού στην Ελλάδα (8.243 hm³/έτος) αφορά κατά 83% στην γεωργική άρδευση, κατά 13% στην αστική χρήση και στον τουρισμό (ύδρευση), κατά 3% στη βιομηχανία και κατά 1% στην κτηνοτροφία (Διάγραμμα 2.1), γεγονός που συνδέεται με τη σταδιακή μείωση και υποβάθμιση των υδάτων στη χώρα, ειδικότερα σε περιοχές μεγάλης συγκέντρωσης ανθρώπινου πληθυσμού και δραστηριοτήτων.

Συγκεκριμένα η Πελοπόννησος, η οποία αποτελεί την ευρύτερη περιοχή μελέτης, αποτελείται από τρία Υδατικά Διαμερίσματα: της Δυτικής, της Ανατολικής και της Βόρειας Πελοποννήσου, τα οποία παρουσιάζουν γεωμορφολογικές και κλιματικές διαφορές αλλά και άνιση κατανομή στους διαθέσιμους υδατικούς τους πόρους. Στην παρούσα διπλωματική το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στο Υδατικό Διαμέρισμα της Δυτικής Πελοποννήσου (ΥΔ01), του οποίου τα χαρακτηριστικά παρουσιάζονται και αναλύονται στις επόμενες ενότητες.



Διάγραμμα 2.1 - Εγχώρια κατανάλωση νερού

Πηγή: ΥΠ.ΑΝ., 2003

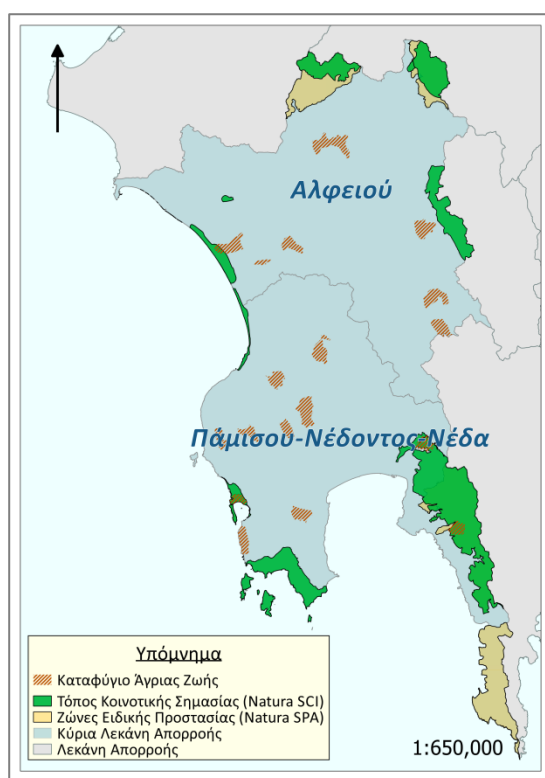
2.2.1. Φυσικά Χαρακτηριστικά Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Πελοποννήσου (ΥΔ01)

Το Υδατικό Διαμέρισμα της Δυτικής Πελοποννήσου (ΥΔ01) έχει συνολική έκταση ίση με 7.301km² και οριοθετείται στον βορρά από τους ορεινούς όγκους Ερύμανθου και Αροανίων και στα ανατολικά από τα όρη Μαίναλο και Ταΰγετο. Γεωμορφολογικά χαρακτηρίζεται από ορεινό και απότομο ανάγλυφο στο εσωτερικό και ανατολικό τμήμα του, ημιορεινό και λοφώδες στην περίμετρο και πεδινό στην παραλιακή ζώνη και τις κοιλάδες των ποταμών. Επιπλέον, πολύπλοκη είναι η γεωλογική του κατανομή, η οποία διακρίνεται σε τρεις ενότητες (αλπικών ιζημάτων, μεταλπικών ιζημάτων και πρόσφατων αποθέσεων), ενώ περιλαμβάνει αρκετές προστατευόμενες περιοχές (Εικόνα 2.2).

Το κλίμα που επικρατεί στην περιοχή θεωρείται μεσογειακό στις παραθαλάσσιες και πεδινές περιοχές, ενώ προς το εσωτερικό μεταβάλλεται σε χερσαίο και ορεινό. Αναλυτικότερα, η ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται μεταξύ 800mm στα πεδινά και 1.600mm στα ορεινά, με μέση ετήσια τιμή 1.100mm και μέσο αριθμό ημερών βροχής 80-120 ετησίως. Η μέση ετήσια θερμοκρασία του διαμερίσματος είναι 19°C (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2011).

Σε ό,τι αφορά στην κατανομή του υδρογραφικού δικτύου του ΥΔ01, παρατηρείται η ύπαρξη πολλών διακλαδώσεων των βασικών ποταμών, οι οποίες διαμορφώνουν το σύστημα των κύριων και μικρότερων λεκανών απορροής της περιοχής (Εικόνα 2.3). Οι κύριες λεκάνες απορροής που συναποτελούν το ΥΔ01, σχηματίζονται από τους ποταμούς συνεχούς ροής Αλφειό και Πάμισο, ενώ

σημειώνεται ότι στην περίπτωση της υδρολογικής λεκάνης του Πάμισου, συμμετέχουν και οι μικρότεροι ποταμοί χειμαρρώδους ροής Νέδοντα και Νέδα (Εικόνα 2.4).

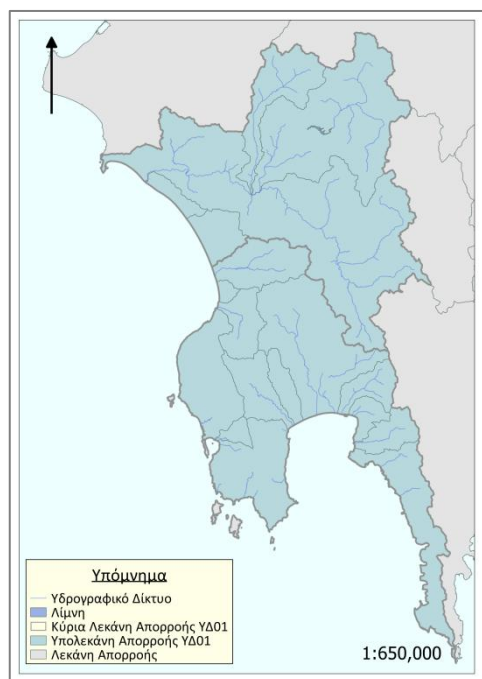


Εικόνα 2.2 - Προστατευόμενες Περιοχές ΥΔ01

Πιο συγκεκριμένα, η ΛΑΠ Αλφειού πηγάζει από τα αρκαδικά οροπέδια από όπου οι παραπόταμοι του Άνω Αλφειού, του Ερύμανθου και του Λάδωνα, ξεκινούν να διατρέχουν τη ΛΑΠ έως όπου ενωθούν στην ημιορεινή Ηλεία, σχηματίζοντας τον Μέσο Αλφειό. Στη συνέχεια αυτός, εκβάλλει στον Κυπαρισσιακό Κόλπο ως Κάτω Αλφειός, ολοκληρώνοντας τη ροή του ποταμού, μετά από 119,8km φυσικής απορροής. Στην εν λόγω ΛΑΠ εκτός από τις εκβολές του Αλφειού, συγκαταλέγονται η τεχνητή λίμνη Λάδωνα (4km²), η λιμνοθάλασσα Καϊάφα και τα παράκτια και μεταβατικά υδατικά συστήματα του Ακρωτηρίου Κατάκολου και του Κυπαρισσιακού Κόλπου. Το κλίμα στην ΛΑΠ Αλφειού διαμορφώνεται ως τυπικά μεσογειακό, με μέση ετήσια θερμοκρασία 19°C και μέση ετήσια βροχόπτωση 1.058mm (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2011).

Αντίστοιχα, η ΛΑΠ Πάμισου – Νέδοντα – Νέδα, σχηματίζεται από τον ποταμό Πάμισο (44km) και τους μικρότερους ποταμούς Νέδα (31km) και Νέδοντα (22km). Οι ποταμοί αυτοί καθώς και τα υπόλοιπα υδατικά συστήματα αυτής της ΛΑΠ εκβάλλουν στο Μεσσηνιακό Κόλπο ή στο Ιόνιο Πέλαγος (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2011). Αναφέρεται ότι στην ΛΑΠ Πάμισου – Νέδοντα – Νέδα ανήκει η τεχνητή λίμνη Φιλιατρινού (27,3km²) αλλά και διάφορα παράκτια και μεταβατικά υδατικά

συστήματα. Το κλίμα σε αυτή την λεκάνη χαρακτηρίζεται μεσογειακό στις παραθαλάσσιες και πεδινές περιοχές και χερσαίο στην ενδοχώρα, ενώ η μέση ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται στα 100mm (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2011).



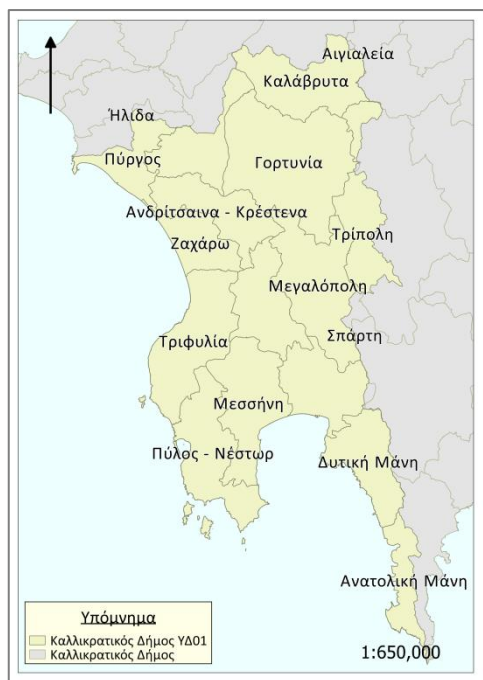
Εικόνα 2.3 – Υδρογραφικό Δίκτυο ΥΔ01



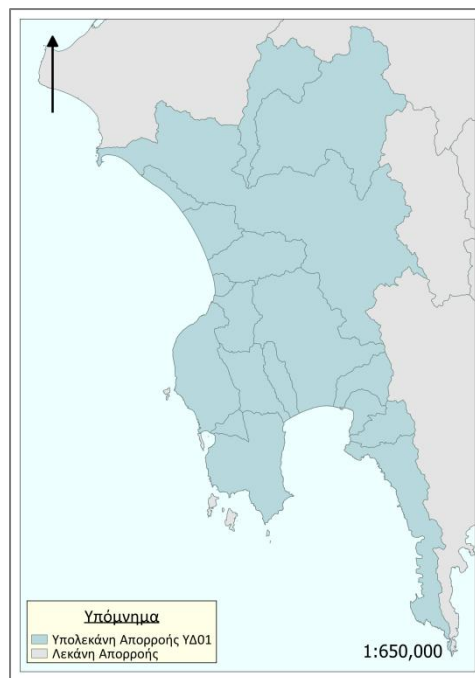
Εικόνα 2.4 –Κύριες Υδρολογικές Λεκάνες Απορροής ΥΔ01

2.2.2 Ανθρωπογενή Χαρακτηριστικά Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Πελοποννήσου (ΥΔ01)

Στο ΥΔ01, εντάσσονται ολόκληρες ή τμηματικά οι Περιφερειακές Ενότητες Αρκαδίας, Αχαΐας, Ηλείας, Μεσσηνίας, Λακωνίας και Κορινθίας, οι οποίες ταυτίζονται γεωγραφικά και διοικητικά με τους αντίστοιχους νομούς. Σε μικρότερη κλίμακα, στο ΥΔ01 εντάσσονται 19 Καλλικρατικοί Δήμοι (Εικόνα 2.5), των οποίων τα όρια δεν συμπίπτουν με αυτά των υδατικών συστημάτων των υπολεκανών (Εικόνα 2.5 και Εικόνα 2.6) με αποτέλεσμα να είναι αναγκαίες οι αναγωγές των εκτάσεων για τις περιβαλλοντικές και υδρολογικές μελέτες.



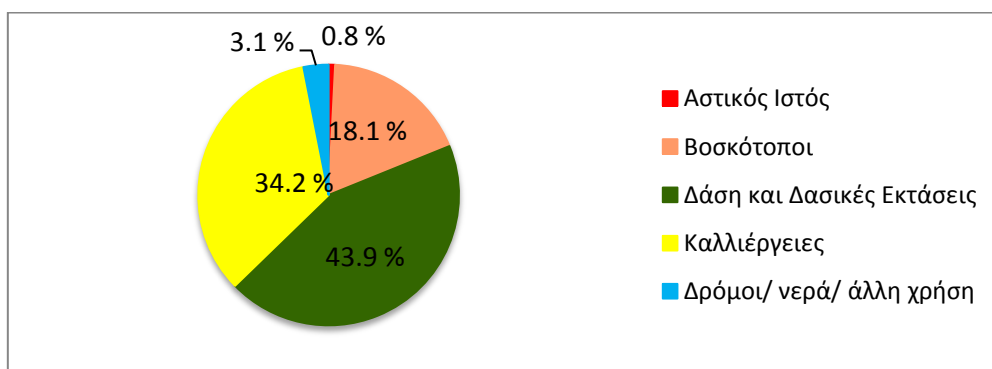
Εικόνα 2.5 – Διοικητική Διάρθρωση ΥΔ01



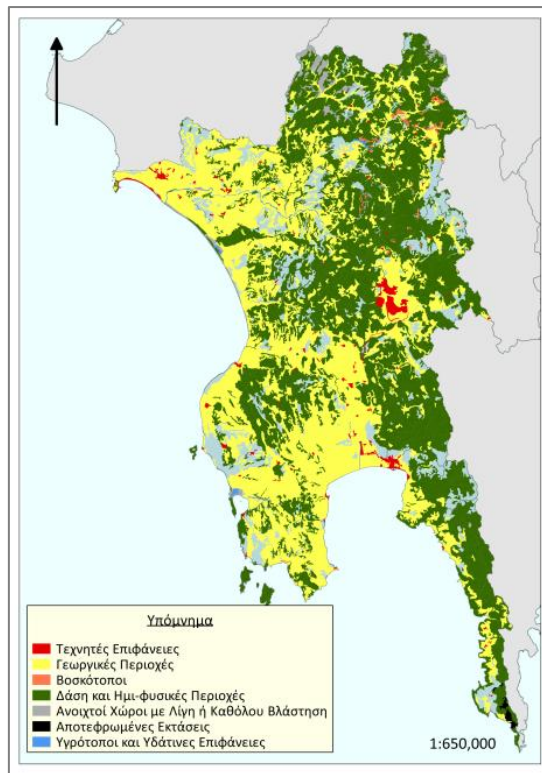
Εικόνα 2.6 – Δομή Υδατικών Συστημάτων ΥΔ01

2.2.3 Χρήσεις Γης

Σε ό,τι αφορά στις χρήσεις γης στο σύνολο του ΥΔ01, σύμφωνα με την Ειδική Γραμματεία Υδάτων (2013), ο αστικός ιστός απαντάται σε ποσοστό ίσο με 0,8%, οι βοσκότοποι σε 18,08%, τα δάση σε 43,86%, οι καλλιέργειες σε 34,16% και οι χρήσεις δρόμοι/ νερά/ άλλο σε ποσοστό 3,1% (Διάγραμμα 2.2).



Διάγραμμα 2.2 – Κατανομή χρήσεων γης στο ΥΔ01
 Πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2013

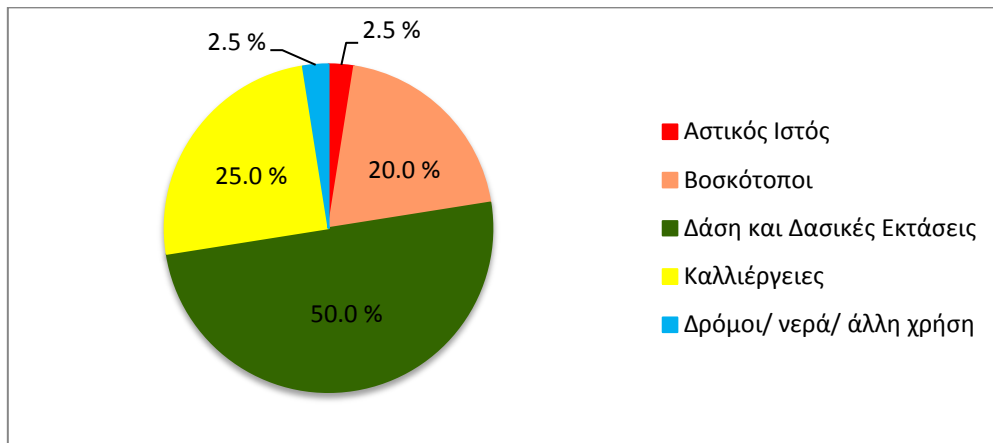


Εικόνα 2.7 – Χρήσεις γης στο ΥΔ01 σύμφωνα με το Corine 2000

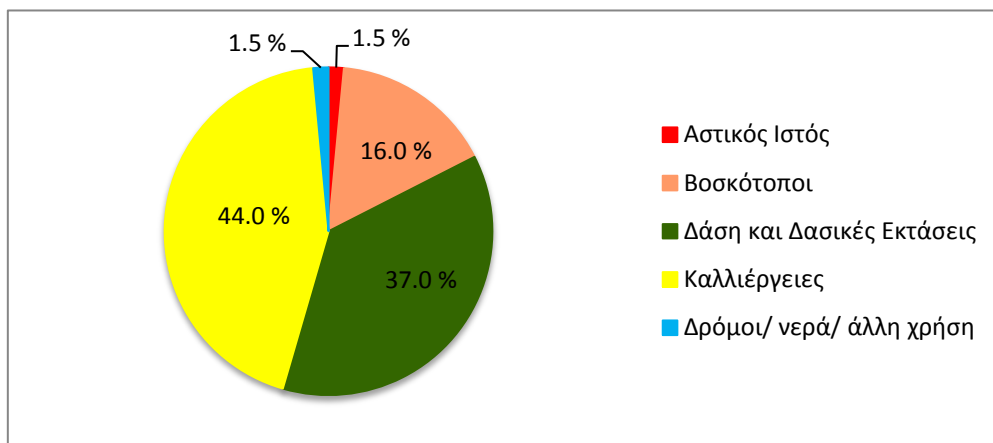
Συγκεκριμένα, στη ΛΑΠ Αλφειού, η οποία έχει έκταση ίση με 3.810km², οι χρήσεις που διακρίνονται είναι τα δάση και οι ημι-φυσικές περιοχές σε ποσοστό 50%, οι γεωργικές περιοχές σε ποσοστό 25%, οι βοσκότοποι σε ποσοστό 20% και οι αστικές /υπόλοιπες χρήσεις σε ποσοστό 5% (Διάγραμμα 2.3). Η συγκεκριμένη ΛΑΠ καλύπτεται κυρίως από δάση κωνοφόρων, καστανιάς και δρυός, ενώ μεγάλο κομμάτι αντιστοιχεί σε θαμνώδεις εκτάσεις. Σε ό,τι αφορά στις γεωργικές εκτάσεις αυτές καλύπτουν έκταση περίπου 590.000στρ. από τα οποία η πλειοψηφία είναι καλλιέργειες δημητριακών (σιτάρι, κριθάρι), ψυχανθών (βίκος, μηδική και τριφύλλι) και ελαιόδεντρων, ενώ σε μικρότερες εκτάσεις συναντώνται άμπελοι, εσπεριδοειδή, μηλιές, καρυδιές και κηπευτικά (ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2015). Οι ετήσιες υδατικές ανάγκες για όλες τις παραπάνω χρήσεις γης και τις αντίστοιχες δραστηριότητές τους ανέρχονται στα 120,5 x 10⁶ m³, από τα οποία ο μεγαλύτερος όγκος καταναλώνεται από τη γεωργία, ενώ ακολουθούν η βιομηχανία, η ύδρευση και η κτηνοτροφία (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2013).

Αντίστοιχα, αναλύοντας τη ΛΑΠ Πάμισου-Νέδοντα-Νέδα, από τη συνολική έκταση των 3.425km², ποσοστό 37% καλύπτεται από δάση και ημι-φυσικές περιοχές, 44% από γεωργικές περιοχές, 16% από βοσκοτόπους και 3% από αστικές και άλλες χρήσεις γης (Διάγραμμα 2.4). Η ΛΑΠ Πάμισου – Νέδοντα-Νέδα χαρακτηρίζεται από πλήθος ορεινών όγκων και υψηλής οικολογικής αξίας οικοσυστήματα, χερσαία και υδατικά. Ειδικότερα σε ό,τι αφορά στις καλλιέργειες, αυτές

απαντώνται σε σύνολο 1.114.000στρ., από τα οποία το μεγαλύτερο μέρος καλύπτεται από δενδρώδεις εκτάσεις και ακολουθούν οι αροτραίες, οι άμπελοι και τα κηπευτικά (ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2015). Οι ετήσιες υδατικές ανάγκες σε αυτήν την περίπτωση ανέρχονται στα $114,0 \times 10^6 \text{ m}^3$, με τις καλλιέργειες να παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες υδατικές ανάγκες, ενώ ακολουθούν η βιομηχανία, η ύδρευση και η κτηνοτροφία (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2013).



Διάγραμμα 2.3 – Κατανομή χρήσεων γης στη ΛΑΠ Αλφειού
Πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2013



Διάγραμμα 2.4 – Κατανομή χρήσεων γης στη ΛΑΠ Πάμισου – Νέδοντα - Νέδα
Πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2013

Σχολιάζοντας την κατανομή των βασικών χρήσεων γης μεταξύ των δύο ΛΑΠ, παρατηρείται πως υπάρχουν διαφοροποιήσεις ως προς τα ποσοστά εμφάνισής τους. Συγκεκριμένα, η κύρια διαφορά εντοπίζεται στην κάλυψη της ΛΑΠ Αλφειού κυρίως από δασικές εκτάσεις, έναντι της κάλυψης της ΛΑΠ Πάμισου – Νέδοντα – Νέδα από γεωργικές περιοχές. Η διαφορά αυτή βασίζεται προφανώς στη γεωμορφολογία της κάθε ΛΑΠ, καθώς το βόρειο τμήμα του ΥΔ01 χαρακτηρίζεται ως πιο ορεινό εξαιτίας της ύπαρξης των ορεινών όγκων Ερύμανθου και Αροανίων, ενώ το νότιο τμήμα του είναι πεδινό (Εικόνα 2.7). Επιπλέον παρατηρείται ότι και στις δύο ΛΑΠ η κάλυψη γης από αστικό ιστό,

δρόμους και επιφανειακά ύδατα είναι της τάξης του 1.5% - 2.5% και οι βοσκότοποι είναι ισότιμα κατανομημένοι ανάμεσα στις δύο ΛΑΠ σε ποσοστά περίπου 15-20%. Είναι λοιπόν εμφανές ότι στο σύνολό του το ΥΔ01 καταλαμβάνεται κυρίως από δάση στο βόρειο τμήμα όπου τοποθετείται η ΛΑΠ Αλφειού και καλλιέργειες στο νότιο τμήμα όπου βρίσκεται η ΛΑΠ Πάμισου – Νέδοντα – Νέδα, ενώ ακολουθούν οι βοσκότοποι. Δευτερεύοντα ρόλο στην επιφανειακή κάλυψη της περιοχής μελέτης διαδραματίζουν οι υπόλοιπες χρήσεις, όπως η αστική.

Κεφάλαιο 3 - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

3.1 Προσδιορισμός του Υδατικού Αποτυπώματος (ΥΑ)

Ο προσδιορισμός του ΥΑ όπως προτείνεται από τους Charagain και Hoekstra (2007), δύναται να υλοποιηθεί χρησιμοποιώντας την ανοδική (Bottom-up analysis) ή την καθοδική προσέγγιση (Top-down analysis). Η ανοδική προσέγγιση αποτελεί μια μέθοδο σημείου προς σημείο (item -by - item approach), κατά την οποία αθροίζονται όλα τα επιμέρους αγαθά και οι υπηρεσίες που καταναλώνονται από τους κατοίκους μιας χώρας, λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις σε νερό κατά την παραγωγική διαδικασία, οι οποίες διαφοροποιούνται βάσει του τόπου και των συνθηκών παραγωγής. Εν γένει, πρόκειται για μία ευέλικτη και εύκολα αντιληπτή μέθοδο, η οποία όμως απαιτεί μεγάλο όγκο δεδομένων για τον ακριβή προσδιορισμό του ΥΑ. Εντούτοις, δεν ενδείκνυται για τον υπολογισμό του ΥΑ σε κλίμακα κρατών, αλλά περισσότερο σε επίπεδο προϊόντων, επιχειρήσεων ή γενικά μικρών κοινοτήτων. Από την άλλη, η καθοδική προσέγγιση είναι η μέθοδος κατά την οποία το ΥΑ ενός έθνους ή μίας συγκεκριμένης χωρικής ενότητας υπολογίζεται ως η συνολική χρήση των εγχώριων υδατικών πόρων, λαμβάνοντας υπόψη τις εικονικές ροές εισαγόμενου νερού και αφαιρώντας το εικονικό εξαγόμενο νερό (Charagain & Hoekstra, 2007). Σαφέστερα, το εισαγόμενο εικονικό νερό, αναφέρεται στον όγκο νερού που χρησιμοποιήθηκε σε άλλες χωρικές ενότητες για την παραγωγή των αγαθών και υπηρεσιών που εισάγονται και καταναλώνονται στην υπό μελέτη χωρική ενότητα, ενώ το εξαγόμενο εικονικό νερό αναφέρεται στον όγκο του νερού που χρησιμοποιήθηκε εντός της υπό μελέτη χωρικής ενότητας για την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών, τα οποία εξάγονται και καταναλώνονται εκτός αυτής. Πρόκειται για μία ευέλικτη μέθοδο υπολογισμού του ΥΑ, η οποία προτείνεται για χωρικές κλίμακες κρατών. Ωστόσο, τα κράτη αυτά επιβάλλεται να διαθέτουν ενημερωμένες βάσεις εθνικών δεδομένων και στατιστικών, καθώς τα στοιχεία αυτά επηρεάζουν άμεσα την ποιότητα των αποτελεσμάτων της καθοδικής προσέγγισης.

Για το σκοπό της παρούσας εργασίας αν και ενδείκνυται η καθοδική προσέγγιση, η εφαρμογή της δεν ήταν δυνατή εξαιτίας της έλλειψης των απαραίτητων δεδομένων που αφορούν στο συνολικό εξαγόμενο και εισαγόμενο νερό. Το ΥΑ_{πρ} υπολογίστηκε εκτιμώντας των όγκο του καταναλωθέντος νερού εντός των ορίων της περιοχής μελέτης, για την κάλυψη των αναγκών των καλλιεργειών, των βοσκοτόπων και των δασών.

Το συνολικό ΥΑ ισούται με το άθροισμα των τριών συνιστωσών του (Mekonnen et al., 2011) και εκφράζεται ως ο όγκος (m³) γλυκού νερού που χρησιμοποιείται για μία συγκεκριμένη έκταση χρήσης γης (στρέμματα) για ένα έτος (Hoekstra et al., 2011):

$$YA = YA_{\text{πρ}} + YA_{\text{μτ}} + YA_{\text{γκρλ}} \quad (3.1)$$

Όπου:

- Το $YA_{\text{πρ}}$ για τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις υπολογίζεται ως το πηλίκο του όγκου του πράσινου νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή καλλιέργειας CWU_g (m³/στρ.) προς την απόδοση αυτής Y (ton/στρ.):

$$YA_{\text{πρ}} = CWU_g / Y \quad (3.2)$$

Αντίθετα, το $YA_{\text{πρ}}$ των δασικών εκτάσεων και των βοσκοτόπων υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τον συνολικό όγκο του χρησιμοποιηθέντος πράσινου νερού CWU_g (m³/στρ.) επί την αντίστοιχη έκταση της χρήσης γης σε στρέμματα:

$$YA_{\text{πρ}} = CWU_g * E \quad (3.3)$$

- Το $YA_{\text{μτ}}$, στην παρούσα εργασία αφορά μόνο στη μελέτη των καλλιεργήσιμων εκτάσεων καθώς οι υδατικές ανάγκες των δασών και των βοσκοτόπων καλύπτονται εξ ολοκλήρου από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Το $YA_{\text{μτ}}$ υπολογίζεται ως το πηλίκο του όγκου του μπλε νερού που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη της καλλιέργειας CWU_b (m³/στρ.) προς την απόδοση της καλλιέργειας Y (ton/στρ.):

$$YA_{\text{μτ}} = CWU_b / Y \quad (3.4)$$

- Το $YA_{\text{γκρλ}}$, αφορά μόνο στις καλλιέργειες, επειδή οι άλλες δύο χρήσεις θεωρείται πως δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον με ρύπους. Υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψιν την ποσότητα του ρύπου που εφαρμόζεται AR (kg/στρ.) στην εκάστοτε καλλιέργεια, το ποσοστό ρύπου που εισχωρεί στο υδατικό σύστημα α , τη μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση του ρύπου στο υδατικό σύστημα C_{max} (mg/l), τη φυσική (υπάρχουσα) συγκέντρωση του ρύπου στον υδατικό αποδέκτη C_{nat} (mg/l) και τέλος την απόδοση Y (ton/στρ.) της καλλιέργειας:

$$YA_{\text{γκρλ}} = [(\alpha AR) / (C_{\text{max}} - C_{\text{nat}})] / Y \quad (3.5)$$

3.2 Προσδιορισμός της Πράσινης Συνιστώσας του Υδατικού Αποτυπώματος (ΥΑ_{πρ})

Το (ΥΑ_{πρ}) καθορίζεται από τον συνολικό όγκο του πράσινου νερού που απαιτείται για την ανάπτυξη μιας χρήσης γης (CWU_g) και την συνολική της έκταση (E) ή απόδοση (Y), στην περίπτωση των καλλιεργειών. Ο απαιτούμενος όγκος πράσινου νερού (CWU_g), εξαρτάται από την μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή (EΔ_δ), η οποία θα αναλυθεί εκτενώς στην επόμενη ενότητα και τη διαθέσιμη υγρασία του εδάφους που προέρχεται από την μηνιαία ωφέλιμη βροχόπτωση (P_{eff}). Αναλυτικότερα, ως μηνιαία ωφέλιμη βροχόπτωση (P_{eff}) ορίζεται το μέρος εκείνο του βρόχινου νερού που απομένει και αποθηκεύεται στη ζώνη του ριζοστρώματος (Τσακίρης, 1995). Η ωφέλιμη ή ενεργός βροχόπτωση δεν είναι σταθερή, αλλά εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της βροχόπτωσης και το βαθμό κάλυψης του εδάφους από την εκάστοτε χρήση γης. Οπότε, για βροχές σημαντικού ύψους και μεγάλης έντασης η ωφέλιμη βροχόπτωση αντιπροσωπεύει μικρό σχετικά ποσοστό, ενώ για συχνές, ήπιες βροχοπτώσεις, οι οποίες συγκρατούνται από το φύλλωμα της βλάστησης, που καλύπτει πλήρως την επιφάνεια ενδιαφέροντος, η ωφέλιμη βροχόπτωση μπορεί να φτάσει ποσοστό σχεδόν 100%. Η μηνιαία ωφέλιμη βροχόπτωση υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση που πρότεινε το Υπουργείο Γεωργίας των Η.Π.Α. (1970):

$$P_{eff} = f(D) * (1,25 P_t^{0.824} - 2,93) * (10^{0.000955 * PET_c}) \quad (3.6)$$

Όπου:

- P_t (mm): η μέση μηνιαία βροχόπτωση
- PET_c (mm): η μέση μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας και
- f (D): ο παράγοντας προσαρμογής σε σχέση με το σύνηθες όριο υποβιβασμού της υγρασίας στη ζώνη ριζοστρώματος D. Σημειώνεται ότι όταν D=75mm τότε f(D)=1, ενώ σε κάθε άλλη περίπτωση ισχύει η εξίσωση:

$$f=0.53 + 0.0116D - 8.9410^{-5}D^{-2} + 2.3210^{-7}D^{-3} \quad (3.7)$$

Αφού υπολογισθούν οι μηνιαίες τιμές της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (EΔ_δ) και της ωφέλιμης βροχόπτωσης (P_{eff}), καθόλη τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου των καλλιεργειών ή αντίστοιχα της περιόδου ανάπτυξης των δασικών εκτάσεων και των βοσκοτόπων, υπολογίζεται η μηνιαία πράσινη υδατική χρήση U_g, ως το ελάχιστο μεταξύ των τιμών αυτών (EΔ_δ, P_{eff}):

$$U_g = \min[PET_c, P_{eff}] \quad (3.8)$$

Ύστερα, υπολογίζεται ο συνολικός όγκος του πράσινου νερού CWU_{gr} , ο οποίος ισούται με το άθροισμα των μηνιαίων υδατικών χρήσεων:

$$CWU_g = \sum U_g \quad (3.9)$$

Τελικά:

- Στην περίπτωση καλλιεργούμενων εκτάσεων, το $YA_{\pi\rho}$ υπολογίζεται ως το πηλίκο του συνολικού πράσινου νερού προς την απόδοση, όπου η απόδοση μιας καλλιέργειας αντιστοιχεί στο πηλίκο της συνολικής παραγωγής της καλλιέργειας (ton) προς την συνολική έκταση αυτής (στρ.):

$$YA_{\pi\rho} = CWU_{gr} / Y \quad (3.2)$$

- Στην περίπτωση των δασικών εκτάσεων και των βοσκοτόπων το $YA_{\pi\rho}$ υπολογίζεται ως το γινόμενο του συνολικού πράσινου νερού επί την συνολική έκταση που καλύπτει η χρήση.

$$YA_{\pi\rho} = CWU_{gr} * E \quad (3.3)$$

3.2.1 Προσδιορισμός της Δυνητικής Εξατμισοδιαπνοής (ΕΔ_δ) με Μετεωρολογικά Δεδομένα

Η σε βάθος κατανόηση των σχέσεων των κλιματικών παραμέτρων (κυρίως της βροχόπτωσης) με το φαινόμενο της εξατμισοδιαπνοής (ΕΔ), αποτελεί βασική προϋπόθεση για τον υπολογισμό της πράσινης συνιστώσας του υδατικού αποτυπώματος για μια συγκεκριμένη χρήση γης. Ειδικότερα, όσον αφορά στην ΕΔ ορίζεται ως ο συνδυασμός δύο ξεχωριστών διαδικασιών, κατά τις οποίες το νερό απομακρύνεται μέσω της εξάτμισης από την επιφάνεια του εδάφους και μέσω της διαπνοής από τη βλάστηση (Allen et al., 1998). Είναι μία ευρύτατα χρησιμοποιούμενη έννοια που εισήχθη από τον Thornthwaite (1948) για να εκφράσει τις απώλειες νερού πάνω από έδαφος με βλάστηση και διακρίνεται στην εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (ΕΔ₀), στη δυνητική εξατμισοδιαπνοή (ΕΔ_δ) και στην πραγματική εξατμισοδιαπνοή (ΕΔ_{πρ}).

Η εκτίμηση της ΕΔ γενικά αποτελεί μία πολυδιάστατη διαδικασία που επηρεάζεται από την ακτινοβολία, τη θερμοκρασία και την ταχύτητα του αέρα, την υγρασία, αλλά και από την

κατάσταση του εδάφους και την κάλυψή του, γεγονός που την κάνει αρκετά δύσκολη και πολύπλοκη. Σημαντική παράμετρος για την ακριβή εκτίμησή της είναι η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου, η οποία εξαρτάται κυρίως από τον τύπο της υπό μελέτη επιφάνειας αλλά και το αντικείμενο της εκάστοτε εφαρμογής. Υπογραμμίζεται πως για κάθε περίπτωση πρέπει να λαμβάνονται υπ'όψιν το υπόβαθρο των μεθόδων, οι προϋποθέσεις υπό τις οποίες αυτές λειτουργούν αλλά και οι απαιτήσεις τους.

Η ΕΔ μπορεί να προσδιορισθεί είτε με μετρήσεις, είτε με προσεγγιστικά μοντέλα. Οι μέθοδοι άμεσης ή έμμεσης μέτρησης της ΕΔ, διακρίνονται σε αυτές που βασίζονται στην υδρολογία και σε αυτές που βασίζονται στη μικρομετεωρολογία. Οι πρώτες αναφέρονται ως μέθοδοι υδατικού ισοζυγίου, παράδειγμα των οποίων αποτελεί η άμεση μέτρηση της ΕΔ με λυσίμετρα και οι δεύτερες αναφέρονται ως μικρομετεωρολογικές μέθοδοι κατά τις οποίες η ΕΔ εκτιμάται βάσει μετεωρολογικών μεταβλητών (Allen et al., 1998). Εντούτοις, η μέτρηση της ΕΔ είναι χρονοβόρα και δαπανηρή διαδικασία, για αυτό και συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται εμπειρικά μοντέλα για τον υπολογισμό της, λαμβάνοντας υπ'όψιν ότι η εκτίμηση δεν μπορεί να είναι τόσο ακριβής όσο η μέτρηση. Στα περισσότερα εμπειρικά ή ημι-εμπειρικά μοντέλα υπολογισμού της ΕΔ που έχουν αναπτυχθεί, η εκτίμηση της πραγματικής ΕΔ απαιτεί την εκτίμηση της δυνητικής ΕΔ_δ (ή της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς ΕΔ₀), η οποία προσδιορίζεται από μοντέλα συσχετίσεων ή διεργασιών. Συγκεκριμένα στην παρούσα εργασία, για τον προσδιορισμό της ΕΔ_δ χρησιμοποιούνται οι μέθοδοι Blaney – Criddle και Hargreaves, οι οποίες σχετίζονται με τη θερμοκρασία του αέρα (μοντέλα βασισμένα σε συσχετίσεις).

α. Μέθοδος Blaney- Criddle

Η μέθοδος Blaney - Criddle (1950) αξιολογείται ως σχετικά απλή στη χρήση της, με ευπρόσιτα απαιτούμενα δεδομένα. Για αυτό εξάλλου και χρησιμοποιείται ευρέως, αποδίδοντας αποτελέσματα αρκετά ακριβή, για πολλές πρακτικές εφαρμογές. Σύμφωνα με την τροποποιημένη μορφή της μεθόδου κατά Doorenbos και Pruitt (1977), η δυνητική εξατμισοδιαπνοή σε μηνιαία βάση δίνεται από τη σχέση:

$$PET_c = K_c * f \quad (3.10)$$

όπου:

- PET_c (mm/day): η δυνητική εξατμισοδιαπνοή

- K_c : ο εμπειρικός μηνιαίος συντελεστής συναρτήσει του τύπου του φυτού (είδος καλλιέργειας/ βοσκότοπου, βλαστική περίοδος) και των κλιματολογικών συνθηκών και
- f (mm/day): ο μηνιαίος κλιματικός παράγοντας που ισούται με:

$$f = \frac{(32+1,8 T_{\alpha})}{3,94} * p \quad (3.11)$$

Σε ό,τι αφορά στη σχέση υπολογισμού του παράγοντα f , ο συντελεστής T_{α} (°C) αντιστοιχεί στη μέση μηνιαία θερμοκρασία και ο συντελεστής p στο μέσο ημερήσιο ποσοστό συνολικής ετήσιας διάρκειας των ωρών ημέρας, συναρτήσει του μήνα και του βόρειου γεωγραφικού πλάτους της περιοχής.

β. Μέθοδος Hargreaves

Η μέθοδος Hargreaves (1974), εφαρμόζεται για τον καθορισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (E_{D_s}) στις δασικές εκτάσεις και θεωρείται ιδιαίτερα απλή με μικρές απαιτήσεις σε κλιματικά δεδομένα (Μιμίκου & Μπαλτάς, 2003). Σύμφωνα με την εν λόγω μέθοδο η δυνητική εξατμισοδιαπνοή ισούται με:

$$E_{T_p} = MF (18 T_{\alpha} + 32) CH \quad (3.12)$$

όπου:

- E_{T_p} (mm/month): η δυνητική εξατμισοδιαπνοή
- MF: ο μηνιαίος συντελεστής που εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος και δίνεται από αντίστοιχο πίνακα
- T_{α} (°C): η μέση μηνιαία θερμοκρασία και
- CH: ο διορθωτικός παράγοντας για τη σχετική υγρασία RH, ο οποίος χρησιμοποιείται μόνον όταν η μέση ημερήσια σχετική υγρασία ξεπερνά το 64%. Ο παράγοντας CH υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση, όπου για μέση ημερήσια $RH \leq 64\%$ το $CH = 1$:

$$CH = 0,166 (100 - RH)^{1/2} \quad (3.13)$$

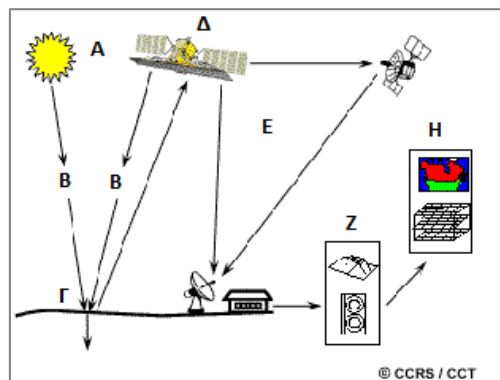
3.2.2 Προσδιορισμός της Δυνητικής Εξατμισοδιαπνοής (ΕΔδ) με Τηλεπισκοπικά Δεδομένα

Τηλεπισκόπηση είναι η επιστήμη η οποία εξετάζει τις αρχές, τις μεθόδους, τα όργανα και τα συστήματα με τα οποία επιτυγχάνεται η συλλογή, η επεξεργασία, η ανάλυση και η ερμηνεία πληροφοριών που σχετίζονται με συγκεκριμένες ιδιότητες αντικειμένων ή φαινομένων, χωρίς να υπάρχει επαφή με αυτά (Αργιαλάς, 1999). Χάριν λοιπόν στην ικανότητά της να παρέχει ακριβή ποιοτικά και ποσοτικά στοιχεία, που αντιστοιχούν σε πραγματικούς χρόνους και προκύπτουν από την συνεχή παρατήρηση της επιφάνειας της γης από μεγάλη απόσταση, η τηλεπισκόπηση έχει καθιερωθεί ως σημαντικό διεπιστημονικό εργαλείο. Ιδιαίτερα, η δορυφορική τηλεπισκόπηση υποστηρίζει μοντέλα προσομοίωσης χρήσιμα στις περιβαλλοντικές μελέτες, με τα οποία είναι δυνατή η συνεχής παρακολούθηση και καταγραφή των μεταβολών και των αντίστοιχων επιπτώσεων σε οποιαδήποτε χρονική και χωρική κλίμακα. Επισημαίνεται πως η ψηφιακή τηλεπισκόπηση ενδείκνυται για εφαρμογές σε περιοχές μεγάλης έκτασης, όπου η ανίχνευση λεπτομερειακών χωρικών στοιχείων δεν είναι ιδιαίτερης σημασίας και τα επιμέρους τμήματα της περιοχής υπό διερεύνηση είναι σε μεγάλο βαθμό ομοιογενή και συνεπώς συντελούν σε σαφείς και διακριτές μεταξύ τους φασματικές υπογραφές οι οποίες διευκολύνουν την διακρίβωση της ταυτότητάς τους (Τσακίρης, 1995). Ένα παράδειγμα εφαρμογής τηλεπισκόπησης σε συνδυασμό με επίγεια μετεωρολογικά δεδομένα, αποτελεί η έρευνα των Xia et. al (2013), οι οποίοι χρησιμοποίησαν «δέντρα» παλινδρόμησης –μία αποτελεσματική και κυρίως εύκολα αντιληπτή μέθοδο- ώστε να μελετήσουν την εξατμισοδιαπνοή, αλλά και τη βροχόπτωση και το υδατικό ισοζύγιο οικοσυστημάτων στην Ασία.

α. Ψηφιακή Τηλεπισκόπηση

Η τηλεπισκοπική διαδικασία έγκειται στην αλληλεπίδραση ακτινοβολίας με ένα αντικείμενο. Η επιτυχής εφαρμογή της βασίζεται στην ύπαρξη μίας πηγής ενέργειας (ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας), στις ατμοσφαιρικές συνθήκες, στους αισθητήρες καταγραφής του αποτυπώματος η/μ ενέργειας και τέλος στη διαδικασία επεξεργασίας της καταγεγραμμένης πληροφορίας για την παραγωγή μίας εικόνας. Αναλυτικότερα, η καταγεγραμμένη ενέργεια από τον αισθητήρα μεταδίδεται, συνήθως σε ηλεκτρονική μορφή, σε ένα σταθμό υποδοχής και επεξεργασίας όπου τα δεδομένα μετατρέπονται σε εικόνες, οι οποίες εν συνεχεία ερμηνεύονται οπτικά ή/και ψηφιακά, ώστε να εξαχθούν πληροφορίες για το αντικείμενο ενδιαφέροντος. Αυτές οι πληροφορίες εν τέλει,

δύνανται να χρησιμοποιηθούν ώστε να κατανοηθεί το αντικείμενο μελέτης και να εξαχθούν πολιτικές επίλυσης ή αντιμετώπισης πιθανών ζητημάτων (nrcan.gc.ca, 2015).



Εικόνα 3.1 – Στοιχεία τηλεπισκοπικής διαδικασίας
Πηγή: nrcan.gc.ca, 2015 (Ιδία επεξεργασία)

Από το διάστημα, η παρατήρηση της Γης επιτυγχάνεται μέσω δορυφόρων οι οποίοι όντες σε τροχιά, καλύπτουν κατ' επανάληψη τη γήινη επιφάνεια σε συνεχόμενη βάση. Οι δορυφόροι αυτοί, φέρουν τηλεπισκοπικούς αισθητήρες, οι οποίοι ανιχνεύουν το ποσοστό ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που ανακλάται από τη γήινη επιφάνεια και την αποδίδουν ως ψηφιακή εικόνα.

Κάθε αντικείμενο επάνω στη γη, αντανακλά με μοναδικό τρόπο την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε διαφορετικά μήκη κύματος και σύμφωνα με αυτόν τον τρόπο, επιλέγεται ο φασματικός τύπος του αισθητήρα, ώστε να ληφθεί η μέγιστη πληροφορία. Για παράδειγμα, τα φύλλα εμφανίζονται πράσινα εξαιτίας του μεγάλου ποσοστού σε χλωροφύλλη, η οποία απορροφά σε μεγάλο βαθμό την ακτινοβολία στα κόκκινα και τα μπλε μήκη κύματος, ενώ αντανακλά περισσότερο στα πράσινα μήκη κύματος. Αντίστοιχα, οι υδάτινοι όγκοι απορροφούν σε μεγάλο βαθμό την υπέρυθη ακτινοβολία, και ανακλούν κυρίως την μπλε ακτινοβολία (nrcan.gc.ca, 2015).

Με βάση την προέλευση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας οι αισθητήρες διακρίνονται σε παθητικούς και ενεργητικούς, όπου οι παθητικοί ανιχνεύουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που προέρχεται από μια φυσική πηγή, όπως ο ήλιος, ενώ οι ενεργητικοί προσβάλλουν το αντικείμενο με δική τους ακτινοβολία. Ακόμη, οι αισθητήρες σύμφωνα με τον αριθμό των καναλιών και το φασματικό τους εύρος, διακρίνονται σε μονοφασματικούς, οι οποίοι καταγράφουν τη φασματική ανάκλαση σε ένα στενό τμήμα του η/μ φάσματος, σε πολυφασματικούς οι οποίοι καταγράφουν δεδομένα σε περισσότερες από μία φασματικές ζώνες και στους υπερφασματικούς οι οποίοι καταγράφουν την αντανάκλαση της η/μ σε πολλές φασματικές ζώνες, στενού όμως εύρους.

Ο εφικτός βαθμός λεπτομέρειας και ποιότητας μίας εικόνας εξαρτάται από τη χωρική, τη φασματική και τη ραδιομετρική ανάλυση του αισθητήρα. Η χωρική ανάλυση σχετίζεται με τη διακριτική ικανότητα της εικόνας, δηλαδή την αντιστοιχία του μεγέθους του εικονοστοιχείου με την έκταση που απεικονίζει αυτό στην πραγματικότητα. Πρακτικά, αυτού του είδους η ανάλυση θέτει το ελάχιστο μέγεθος αντικειμένων που είναι ικανό να αποτυπωθεί στην εικόνα. Η φασματική ανάλυση της εικόνας αφορά στον αριθμό των φασματικών καναλιών και στο αντίστοιχο εύρος τους. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των καναλιών και όσο μικρότερο είναι το εύρος τους, τόσο υψηλότερης φασματικής ανάλυσης είναι οι εικόνες. Τέλος, η ραδιομετρική ανάλυση συνιστά τη φασματική διακριτική ικανότητα, δηλαδή το βαθμό διάκρισης αντικειμένων γειτονικής φασματικής συμπεριφοράς. Πρόκειται για το εύρος τιμών που μπορεί να λάβει ένα φαινόμενο της εικόνας. Οι περισσότεροι σύγχρονοι δορυφόροι προσφέρουν εικόνες ραδιομετρικής ανάλυσης από 8 έως 12 bit. Όσο υψηλότερο είναι το εύρος τιμών τόσο υψηλότερη είναι και η ραδιομετρική ανάλυση (seos-project.eu, 2015). Επιπλέον, αναλόγως με την εφαρμογή, σημαντικό ρόλο παίζει η χρονική ανάλυση, η οποία σχετίζεται με το χρόνο που χρειάζεται ένας δορυφόρος για να διανύσει μία περίοδο τροχιάς του γύρω από τη γη. Η συγκεκριμένη ανάλυση εξαρτάται από τις δυνατότητες του δορυφόρου/αισθητήρα, τις επικαλύψεις εξαιτίας της τροχιάς του δορυφόρου και το μεταβαλλόμενο γεωγραφικό πλάτος. Παράδειγμα της σημαντικότητας της χρονικής ανάλυσης είναι η χρήση τηλεπισκοπικών μεθόδων στην παρακολούθηση καλλιεργειών, οι οποίες μεταβάλλονται συνεχώς κατά της διάρκεια της περιόδου ανάπτυξής τους.

Σε αντιστοιχία με τα παραπάνω, η τηλεπισκόπηση επηρεάζεται από μία σειρά πιθανών ενδογενών και εξωγενών σφαλμάτων, τα οποία επηρεάζουν την ποιότητα και την πληρότητα των δεδομένων και κατ' επέκταση την ακρίβεια και την αξιοπιστία της φωτοερμηνευτικής ανάλυσης. Τα ενδογενή σφάλματα, οφείλονται στους τηλεπισκοπικούς δέκτες και είναι σταθερά και συστηματικά, με αποτέλεσμα να μπορούν να προσδιορισθούν με μετρήσεις ή βαθμονόμηση πριν ή κατά την πτήση (Αργιαλάς, 1998). Τα εξωγενή σφάλματα από την άλλη, οφείλονται σε μη συστηματικές ανωμαλίες που επηρεάζουν την εναέρια ή δορυφορική πλατφόρμα τηλεπισκοπικής αντίληψης και συνεπώς την διαμόρφωση των χαρακτηριστικών των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων. Είναι λοιπόν προφανές πως η ορθή αξιοποίηση των τηλεπισκοπικών δεδομένων προϋποθέτει την κατάλληλη προεπεξεργασία τους, ώστε να δημιουργηθούν αληθείς αναπαραστάσεις του αρχικού πεδίου κατόπτευσης (Αργιαλάς, 1999).

Η προεπεξεργασία αυτή αναφέρεται στην ουσία στις απαραίτητες διορθώσεις των εικόνων, οι οποίες διακρίνονται σε γεωμετρικές και ραδιομετρικές. Οι γεωμετρικές διορθώσεις έχουν στόχο την

απαλοιφή των γεωμετρικών στρεβλώσεων που οφείλονται στις διακυμάνσεις του αναγλύφου της γης ή στις μεταβολές της σχετικής θέσης γης - δορυφόρου και την ένταξη της εικόνας σε κάποιο σύστημα συντεταγμένων. Οι ραδιομετρικές διορθώσεις, περιλαμβάνουν τη διόρθωση χονδροειδών και συστηματικών σφαλμάτων του αισθητήρα, αλλά και την απομάκρυνση του ατμοσφαιρικού θορύβου. Στόχος αυτών των διορθώσεων είναι τα τελικά δεδομένα να αντιπροσωπεύουν επακριβώς την ανακλώμενη ή εκπεμπόμενη ακτινοβολία που καταγράφεται από τον αισθητήρα (Αργιαλάς, 1999).

Μετά την επιτυχή ολοκλήρωση των παραπάνω διορθώσεων, ακολουθεί η ποσοτική, ποιοτική ή οπτική (φωτοερμηνεία) ανάλυση των δεδομένων. Συγκεκριμένα, η ποσοτική ανάλυση, αντιστοιχεί στην μέτρηση μιας ιδιότητας-μεταβλητής, όπως για παράδειγμα η ΕΔ, η ποιοτική ανάλυση αποτυπώνει χαρακτηριστικά όπως οι χρήσεις γης και τέλος η φωτοερμηνεία εντοπίζει και ερμηνεύει τα υπάρχοντα στην εικόνα στοιχεία, ως προς το μοτίβο, το χρώμα και το σχήμα της διάταξης των εικονοστοιχείων.

β. Προσδιορισμός του Υδατικού Αποτυπώματος με Τηλεπισκοπικά Δεδομένα

Η χρήση δορυφορικών δεδομένων για τον προσδιορισμό του ΥΑ αποτελεί μία διαδικασία ποσοτικής ανάλυσης των εικόνων και βασίζεται στην ψηφιακή επεξεργασία τους, μέσω τις οποίες αποδίδονται τιμές στα εικονοστοιχεία που τις συναποτελούν. Η απόδοση αυτών των τιμών, πραγματοποιείται μέσω της τροφοδότησης του κατάλληλου αλγορίθμου με τις αρχικά καταγεγραμμένες τιμές των εικονοστοιχείων. Ο εκάστοτε αλγόριθμος εισάγει αυτά τα δεδομένα σε μία ή περισσότερες εξισώσεις με την εκτέλεση των οποίων προκύπτουν νέες τιμές για τα εικονοστοιχεία, οι οποίες αποθηκεύονται σχηματίζοντας μία νέα ψηφιακή εικόνα, που μπορεί είτε να απεικονιστεί είτε να υποβληθεί σε περαιτέρω επεξεργασία.

Μία κατηγορία επεξεργασίας των εικόνων, αποτελεί η εφαρμογή βιοφυσικών μοντέλων, σκοπός των οποίων είναι να συσχετίσουν ποσοτικά τα τηλεπισκοπικά δεδομένα με τα μετρημένα στη γήινη επιφάνεια βιοφυσικά χαρακτηριστικά και φαινόμενα. Παράδειγμα εφαρμογής βιοφυσικών μοντέλων αποτελεί η παρακολούθηση της παραγωγής των καλλιεργειών και η καταγραφή των συγκεντρώσεων ρύπων. Οι Romaguera et al. (2010), σχεδίασαν το πρώτο βιοφυσικό μοντέλο που χρησιμοποιούσε ψηφιακή τηλεπισκόπηση για τον υπολογισμό του ΥΑ. Το πλεονέκτημα αυτού του μοντέλου σε σχέση με τις κλασικές εμπειρικές μεθόδους έγκειται στη δυνατότητα εφαρμογής του σε πολύ μεγάλη κλίμακα, στην εύκολη προσβασιμότητα στα δεδομένα οποιασδήποτε περιοχής για

μεγάλα χρονικά διαστήματα και στη δυνατότητα συνεχούς επικαιροποίησης των δεδομένων. Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, το ΥΑ προσδιορίζεται χρησιμοποιώντας δεδομένα βροχόπτωσης από το υφιστάμενο δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών και τηλεπισκοπικά δεδομένα δυνητικής ΕΔ, κάνοντας την παραδοχή ότι οι επιφανειακές απορροές είναι αμελητέες. Η αλληλοσυμπλήρωση των τηλεπισκοπικών και των μετεωρολογικών δεδομένων σε αυτή τη φάση, θεωρείται δεδομένη καθώς η συλλογή κλιματικών και περιβαλλοντικών δεδομένων αποτελεί μία από τις πλέον χρονοβόρες και απαιτητικές διαδικασίες σε ό,τι αφορά στη διαθεσιμότητα των δεδομένων αλλά και την χωρική ανάλυση των δεκτών η οποία προσδίδει μεγάλη αβεβαιότητα στους υπολογισμούς.

Ωστόσο, το μειονέκτημα της τηλεπισκοπικής προσέγγισης του ΥΑ έγκειται στην αδυναμία της να προσδιορίσει την γκρι συνιστώσα, δηλαδή την ποσότητα νερού που απαιτείται για τη διάλυση του ρυπαντικού φορτίου. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με την τηλεπισκοπική προσέγγιση η ΕΔ διαχωρίζεται στην μπλε (ΕΔ_{μπ}) και την πράσινη (ΕΔ_{πρ}) συνιστώσα, οι οποίες αφορούν στο μέρος της εξατμισοδιαπνοής από το αρδευτικό και το βρόχινο νερό αντίστοιχα (Δημητρόπουλος, 2013):

$$ΕΔ = ΕΔ_{πρ} + ΕΤ_{μπ} \quad (3.14)$$

Προκύπτει λοιπόν ότι το ΥΑ ισούται με:

$$ΥΑ = ΥΑ_{πρ} + ΥΑ_{μπ} \quad (3.15)$$

Όπου:

$$ΥΑ_{πρ} = \text{Βρόχινο Νερό ανά βλαστική περίοδο} / \text{Παραγωγή} \quad (3.16)$$

$$ΥΑ_{μπ} = \text{Αρδευτικό Νερό ανά βλαστική περίοδο} / \text{Παραγωγή} \quad (3.17)$$

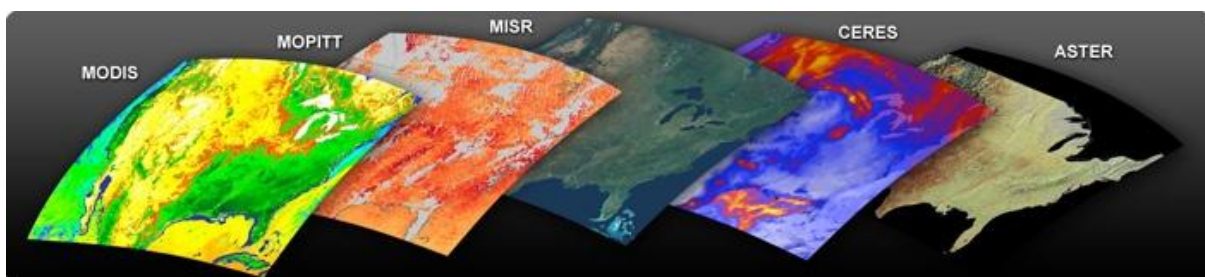
Στην παρούσα εργασία, όπως αναφέρθηκε, εφαρμόζονται μοντέλα προσδιορισμού της ΕΔ_δ, τα οποία χρησιμοποιούν αρχικά δεδομένα της θερμοκρασίας του αέρα στην επιφάνεια της γης. Ο προσδιορισμός αυτών των δεδομένων τηλεπισκοπικά, προσεγγίζεται από τον αισθητήρα MODIS του δορυφόρου Terra.

Αναλυτικότερα ο δορυφόρος Terra συλλέγει δεδομένα σχετικά με την επιφάνεια της Γης εμπλουτίζοντας την εικόνα του πλανήτη, αποκαλύπτοντας τις τάσεις και τις συσχετίσεις που αφορούν στην ατμόσφαιρα της γης, την επιφάνειά της, τις περιοχές που είναι καλυμμένες με χιόνι ή πάγο και το ενεργειακό της ισοζύγιο. Ο Terra, χαρτογραφώντας την ανθρώπινη δραστηριότητα σε συνδυασμό με τις φυσικές καταστροφές, συμβάλλει στην καταγραφή των κλιματολογικών συνθηκών της γης και στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο επηρεάζει η κλιματική αλλαγή τις κοινωνικές δομές και τα οικοσυστήματα (terra.nasa.gov, 2015).

Τα προαναφερθέντα βίο-γεω-χημικά και ενεργειακά δεδομένα, ο Terra τα συλλέγει χάριν στη λειτουργία 5 αισθητήρων, οι οποίοι λειτουργώντας στην ίδια δορυφορική πλατφόρμα συλλέγουν συμπληρωματικά δεδομένα. Οι αισθητήρες αυτοί είναι:

- ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)
- CERES (Clouds and Earth's Radiant Energy System)
- MISR (Multi-angle Imaging SpectroRadiometer)
- MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer) και
- MOPITT (Measurements of Pollution in the Troposphere)

Υπεύθυνος οργανισμός για τα δεδομένα του δορυφόρου Terra, είναι η NASA (National Aeronautics and Space Administration), η οποία επεξεργάζεται τις καταγεγραμμένες πληροφορίες και διαθέτει μεγάλη ποικιλία προϊόντων, τα οποία χρησιμοποιούνται για την κατανόηση των παγκόσμιων μεταβολών και επιπτώσεων (Maeda, 2011; terra.nasa.gov, 2015)

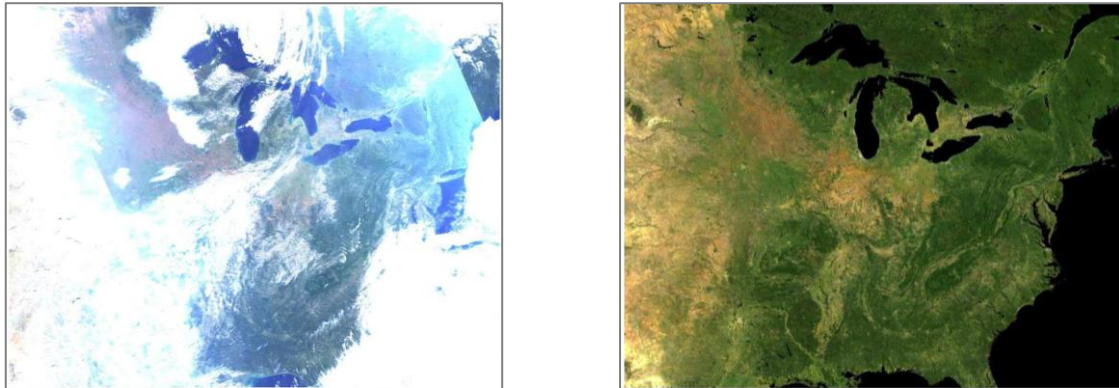


Εικόνα 3.2 - Δορυφορικές απεικονίσεις από τους 5 αισθητήρες του δορυφόρου Terra

Πηγή: terra.nasa.gov, 2015

Ο αισθητήρας MODIS (Justice et al., 2002) παρέχει εικόνες 36 διαφορετικών φασματικών καναλιών, χωρικής ανάλυσης 250, 500 και 1000 μέτρων ανάλογα με το κανάλι που χρησιμοποιείται. Επιπλέον, τα δεδομένα αυτά είναι διαθέσιμα σε μηνιαία βάση για όλη την επιφάνεια της γης από το 2000 έως σήμερα. Ενδεικτικά, ο εν λόγω αισθητήρας δύναται να καταγράψει στοιχεία για τη διασπορά και τις

ιδιότητες των νεφώσεων, για τους ρύπους που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα και προέρχονται από ανθρωπογενείς ή φυσικές δραστηριότητες (πχ. πυρκαγιές), για την υγρασία και τη φωτοσύνθεση.



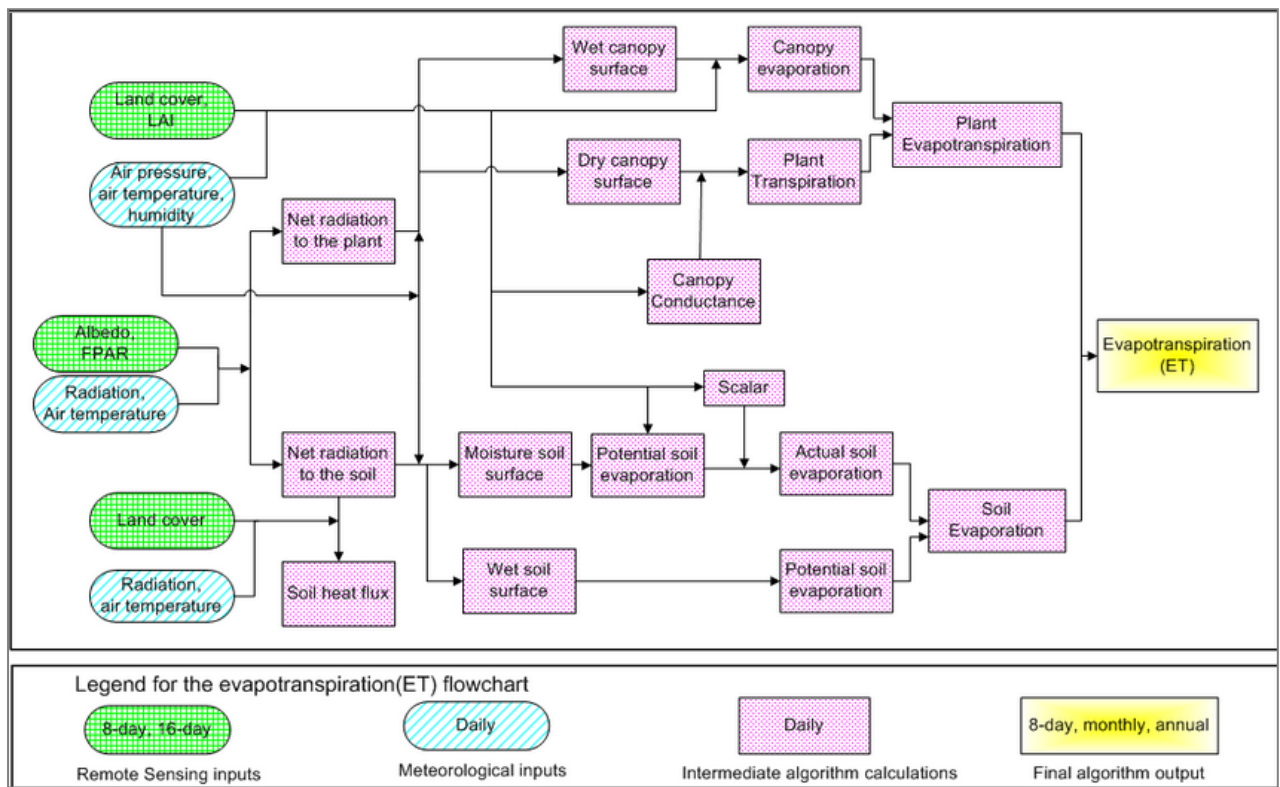
Εικόνα 3.3 – Παράδειγμα εφαρμογής ατμοσφαιρικών διορθώσεων σε εικόνα του δορυφόρου MODIS

Πηγή: Lyapustina et al., 2012

Για τον προσδιορισμό της πράσινης συνιστώσας του ΥΑ, απαιτούνται οι μηνιαίες τιμές δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (PET), οι οποίες εκτιμήθηκαν πρώτη φορά σε μηνιαία βάση, με χωρική ανάλυση 1km για όλο τον πλανήτη από τους Mu et al., (2011), στο project MOD16. Το προϊόν MOD16 συμπεριλαμβάνει τις συνιστώσες της παγκόσμιας πραγματικής (ET) και δυνητικής (PET) εξατμισοδιαπνοής και δεδομένα της λανθάνουσας πραγματικής (LE) και δυνητικής (PLE) ροής θερμότητας. Όλα τα δεδομένα παρέχονται σε διαστήματα 8-ήμερων ή μηνιαία ή ετήσια (Maeda, 2011). Η ET 8-ήμερων (0,1mm/8days) αποτελεί το άθροισμα των ET στη διάρκεια αυτή. Η μηνιαία ET (0,1mm/month) αποτελεί το άθροισμα των ημερήσιων ET, όπου ειδικά για το μήνα Φεβρουάριο, έχει ληφθεί υπόψη η διαφορά ημερών. Η ετήσια ET (0,1mm/yr) είναι το άθροισμα των ET κατά τη διάρκεια του χρόνου. Η 8-ήμερη, μηνιαία και ετήσια LE και PLE ($1.0e^4 \text{ J/m}^2/\text{day}$) υπολογίζονται ως η μέση ημερήσια LE και PLE για το αντίστοιχο χρονικό διάστημα.

Τα προϊόντα MOD16 καλύπτουν $109,03 \times 10^6 \text{ km}^2$ εδαφικής επιφάνειας με βλάστηση παγκοσμίως και προκύπτουν από τον συνδυασμό και την επεξεργασία συγκεκριμένων δεδομένων εκχώρησης του MODIS. Συγκεκριμένα για τον αλγόριθμο του MOD16 ET, συνυπολογίζονται η παγκόσμια κάλυψη της γης (MOD12Q1), δεδομένα FPAR/LAI για το φύλλωμα της βλάστησης (MOD15A2) και δεδομένα ανακλαστικότητας (MCD43B2, MCD43B3). Επιπλέον, εκχωρούνται μη δορυφορικά, μετεωρολογικά δεδομένα ημερήσιας επεξεργασίας και ανάλυσης για την αντίστοιχη χρονική περίοδο. Τα δεδομένα εξατμισοδιαπνοής του MOD16 εκτιμούνται σύμφωνα με τον βελτιωμένο αλγόριθμο των Mu et al. (2011), ο οποίος βασίζεται στην εξίσωση των Penman-Monteith (Monteith,

1965). Επίσης, σημειώνεται ότι τα δεδομένα βαθμονομούνται βάσει επίγειου μετεωρολογικού σταθμού και υπόκεινται σε έλεγχο ποιότητας (modis.gsfc.nasa.gov, 2015).



Εικόνα 3.4 - Διάγραμμα ροής της λογικής του αλγορίθμου υπολογισμού της ημερήσιας ET του MODIS
 Πηγή: Mu et al., 2011

3.3 Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π.)

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π.) αποτελούν ένα επιπρόσθετο εργαλείο που συμβάλλει στην υδρο-γεωλογική επιστήμη. Σκοπός της χρήσης των Σ.Γ.Π. είναι να καταγραφούν οι μεταβλητές ως προς τις σχετικές τους θέσεις στο χώρο, ώστε χρησιμοποιώντας χρονοσειρές δεδομένων να γίνεται εμφανής ο τρόπος μεταβολής τους. Συγκεκριμένα, η χαρτογράφηση των συντελεστών των υδατικών πόρων (E_{δ} , $Y_{A_{\pi}}$) με Σ.Γ.Π., προσφέρει τη δυνατότητα αποθήκευσης, επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων διαφορετικού τύπου (format) και σε διαφορετική κλίμακα, χρησιμοποιώντας όμως κοινό σύστημα συντεταγμένων. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται χάρτες ευαισθησίας για το σύνολο της περιοχής μελέτης, οι οποίοι εύκολα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την εκμετάλλευση και διαχείριση των υδατικών πόρων (Oikonomidis, 2015).

Κεφάλαιο 4 - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Επεξεργασία Μετεωρολογικών Δεδομένων και Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

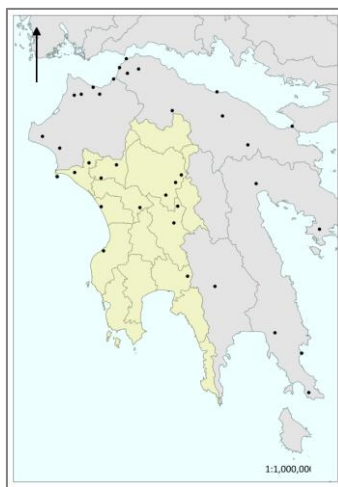
Ο υπολογισμός της πράσινης συνιστώσας του ΥΑ για το ΥΔ01, πραγματοποιήθηκε αρχικά με βάση τα όρια των δήμων της περιοχής. Τα όρια και τα στοιχεία έκτασης, χρήσεων γης και παραγωγής που αφορούν στους δήμους αυτούς, καταγράφηκαν σύμφωνα με τις βάσεις δεδομένων της ΕΛ.ΣΤΑΤ. και των Δημόσιων και Ανοικτών Δεδομένων (geodata.gov.gr). Επιπλέον, λήφθηκε υπόψη το Σχέδιο Διαχείρισης του Υδατικού Διαμερίσματος της Δυτικής Πελοποννήσου (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2013). Τα δεδομένα χρήσεων γης και παραγωγής συσχετίστηκαν με τα διοικητικά πολύγωνα. Στις περιπτώσεις που τα όρια του υδατικού διαμερίσματος δεν συνέπιπταν με τα διοικητικά, έγινε η αντίστοιχη αναγωγή σύμφωνα με το ποσοστό συμμετοχής του στην συνολική έκταση. Τα δεδομένα έκτασης και απόδοσης, όπως και τα δεδομένα των περιόδων ανάπτυξης των χρήσεων γης προσδιορίστηκαν με τις απαραίτητες αναγωγές από τη Μαρίνη (2014) για το έτος 2010 και θεωρήθηκαν διαχρονικά τα ίδια για το σύνολο της διάρκειας μελέτης της παρούσας εργασίας Σε ό,τι αφορά στην κατανομή του υδρογραφικού δικτύου του ΥΔ01, παρατηρείται η ύπαρξη πολλών διακλαδώσεων των βασικών ποταμών, οι οποίες διαμορφώνουν το σύστημα των κύριων και μικρότερων λεκανών απορροής της περιοχής (Εικόνα 2.3). Οι κύριες λεκάνες απορροής που συναποτελούν το ΥΔ01, σχηματίζονται από τους ποταμούς συνεχούς ροής Αλφειό και Πάμισο, ενώ σημειώνεται ότι στην περίπτωση της υδρολογικής λεκάνης του Πάμισου, συμμετέχουν και οι μικρότεροι ποταμοί χειμαρρώδους ροής Νέδοντα και Νέδα (Εικόνα 2.4).

. Η παραδοχή αυτή έγινε εξαιτίας της ημιτελούς επικαιροποίησης αυτών των δεδομένων στις αντίστοιχες βάσεις για τα υπόλοιπα έτη μελέτης (2011 – 2013).

Μετά την οριοθέτηση των δήμων και την καταγραφή των χρήσεων γης, συλλέχθηκαν τα στοιχεία και οι παράμετροι για τον υπολογισμό του πράσινου ΥΑ. Όπως αναφέρθηκε, το $ΥΑ_{\text{πρ}}$ αποτελεί συνάρτηση των απαιτήσεων πράσινου νερού και της έκτασης της χρήσης γης και εξαρτάται από τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή (E_{δ}) και την ωφέλιμη βροχόπτωση (P_{eff}). Ο προσδιορισμός των δύο αυτών μεγεθών, απαιτεί την καταγραφή των μέσων μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας (T) και βροχόπτωσης (P), η οποία πραγματοποιήθηκε ανατρέχοντας στα μετεωρολογικά δεδομένα από τους μετεωρολογικούς σταθμούς του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (meteo.gr). Σημειώνεται ότι έγινε προσπάθεια το δείγμα των μετεωρολογικών σταθμών και των αντίστοιχων δεδομένων να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικό για κάθε χρονιά, λαμβάνοντας υπόψη τη συνεχή

λειτουργία των σταθμών και τη συνέπεια στις καταγραφές των κλιματικών δεδομένων, αλλά και την ομοιόμορφη κατανομή τους στο χώρο (Πίνακας 4.1).

Τα καταγεγραμμένα δεδομένα μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας και βροχόπτωσης (Παράρτημα Πινάκων) καταγράφηκαν σημειακά, ενώ το ζητούμενο ήταν να αναφέρονται στα πολύγωνα των δήμων. Με τη χρήση Σ.Γ.Π. (λογισμικό Quantum GIS (QGIS)), παρήχθησαν αρχεία ράστερ, στα οποία αποδόθηκαν σε κάθε εικονοστοιχείο οι τιμές της αντίστοιχης κλιματικής μεταβλητής (T, P). Εν συνεχεία, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των T και P για κάθε πολύγωνο δήμου εφαρμόζοντας χωρικές παρεμβολές. Αναλυτικότερα, για την επίτευξη της παραπάνω διαδικασίας, χρησιμοποιήθηκε αρχικά η μέθοδος των κεντροειδών (Point Sampling) κατά την οποία αποδόθηκε στο κεντροειδές κάθε πολυγώνου η τιμή ενός εικονοστοιχείου, όπως αυτή προέκυπτε μέσω χωρικής παρεμβολής των δεδομένων των σταθμών. Ωστόσο, η παραδοχή αυτή -η τιμή να αποτελεί δείγμα για ολόκληρη την έκταση του κάθε δήμου- θεωρήθηκε υπερβολικά γενικευτική και η διαδικασία επαναλήφθηκε χρησιμοποιώντας αυτή τη φορά τη μέθοδο του χωρικού μέσου όρου (Zonal Statistics). Αναλυτικότερα, με αυτή τη μέθοδο οι πίνακες (Παράρτημα Πινάκων) των μηνιαίων κλιματικών δεδομένων των σταθμών εισήχθησαν σε μορφή θεματικών επιπέδων, στα οποία εφαρμόσθηκε χωρική παρεμβολή (Raster > Analysis > Grid (Interpolation) [ώστε να επιλεγεί η περιοχή εφαρμογής] > Zonal Statistics). Η διαδικασία αυτή απέδωσε τριών ειδών στατιστικά: το σύνολο, το άθροισμα και τη μέση τιμή, η οποία ήταν και η τιμή που χρησιμοποιήθηκε τελικά για τους υπολογισμούς της ΕΔ₆. Αφού προσδιορίστηκαν τα κλιματικά δεδομένα και ανήχθησαν στο κατάλληλο επίπεδο αναφοράς, υπολογίστηκαν οι υπόλοιπες παράμετροι για τον υπολογισμό του ΥΑ_{πρ}, ανάλογα με τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τις διαφορετικές χρήσεις γης.



Εικόνα 4.1 – Κατανομή μετεωρολογικών σταθμών για το έτος 2013

α/α	Μ.Σ. 2010	Μ.Σ. 2011	Μ.Σ. 2012	Μ.Σ. 2013
1	Αμαλιάδα	Αμαλιάδα	Αμαλιάδα	Αλαγονία
2	Ανδρίτσαινα	Ανδρίτσαινα	Ανδρίτσαινα	Αμαλιάδα
3	Βαρθολομιό	Βαρθολομιό	Βαρθολομιό	Ανδρίτσαινα
4	Ελάτη Αρκαδίας	Ελάτη Αρκαδίας	Ελάτη Αρκαδίας	Άργος
5	Ζαχάρω	Ζαχάρω	Ζαχάρω	Βαρθολομιό
6	Ισθμός Κορίνθου	Ισθμός Κορίνθου	Ισθμός Κορίνθου	Βυτίνα
7	Κάβο Μαλλιάς	Κάβο Μαλλιάς	Κατάκολο Ηλείας	Δερβένη
8	Κατάκολο Ηλείας	Κατάκολο Ηλείας	Κάτω Αχαΐα	Ελάτη Αρκαδίας
9	Κάτω Αχαΐα	Κάτω Αχαΐα	Κρανίδι	Ζαχάρω
10	Λάππα	Κρανίδι	Λάππα	Ισθμός Κορίνθου
11	Μεγαλόπολη	Λάππα	Μεγαλόπολη	Κάβο Μαλλιάς
12	Μολάοι Λακωνίας	Μεγαλόπολη	Μολάοι Λακωνίας	Καλάβρυτα
13	Μονεμβασιά	Μολάοι Λακωνίας	Μονεμβασιά	Κατάκολο Ηλείας
14	Οβριά Αχαΐας	Μονεμβάσια	Νεμέα Κορινθίας	Κάτω Αχαΐα
15	Ολυμπία	Νεμέα Κορινθίας	Ολυμπία	Κρανίδι
16	Παραλία Αχαΐας	Ολυμπία	Παραλία Αχαΐας	Κυπαρισσία
17	Πάτρα	Παραλία Αχαΐας	Πάτρα	Λάππα
18	Ρίο Αχαΐας	Πάτρα	Ρίο Αχαΐας	Λυκόχια Αρκαδίας
19	Σαγγαίικα	Ρίο Αχαΐας	Σαγγαίικα	Μεγαλόπολη
20	Σπάρτη	Σπάρτη	Σπάρτη	Μολάοι Λακωνίας
21	Φολόη Ηλείας	Φολόη Ηλείας	Στεμνίτσα	Μονεμβασιά
22	Ωλένη Ηλείας	Ωλένη Ηλείας	Τρίκαλα Κορινθίας	Νεμέα Κορινθίας
23		Ωλένια	Φολόη Ηλείας	Ολυμπία
24			Ωλένη Ηλείας	Παναχαϊκό
25			Ωλένια	Παραλία Αχαΐας
26				Πάτρα
27				Πάτρα Ρωμανός
28				Πύργος
29				Ρίο Αχαΐας
30				Σαγαίικα
31				Σπάρτη
32				Στεμνίτσα
33				Τρίκαλα Κορινθίας
34				Φολόη Ηλείας
35				Ωλένη Ηλείας
36				Ωλένια

Πίνακας 4.1 - Διαθέσιμοι μετεωρολογικοί σταθμοί σε ετήσια βάση

Πηγή: meteo.gr, 2015

4.1.2 Καλλιέργειες

Στην περίπτωση των καλλιεργειών, ο προσδιορισμός της ΕΔ_δ πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Blaney- Criddle, όπου η δυνητική εξατμισοδιαπνοή υπολογίζεται σε μηνιαία βάση ως εξής:

$$PET_c = K_c * f \quad (4.1)$$

Σε ό,τι αφορά στον συντελεστή καλλιέργειας (K_c) αυτός εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας, τη βλαστική περίοδο και τις κλιματολογικές συνθήκες, οι οποίες προσεγγίζονται από τον κλιματικό παράγοντα f . Οι παραπάνω παράμετροι είναι σταθερές και χρησιμοποιήθηκαν σύμφωνα με την προσέγγιση της Μαρίνη (2014). Ειδικότερα για τον υπολογισμό του p , λήφθηκε υπόψιν το βόρειο γεωγραφικό πλάτος της περιοχής μελέτης και ο μήνας. Στην περίπτωση του ΥΔ01, το βόρειο γεωγραφικό πλάτος κυμαίνεται από 36° 30' 00'' έως 38° 10' 00'', για αυτό και θεωρήθηκε ενιαίο και ίσο με 37° 00' 00'' (Μαρίνη, 2014). Σύμφωνα με τα παραπάνω υπολογίστηκε σε ετήσια βάση ο συντελεστής p εφαρμόζοντας γραμμική παρεμβολή (Πίνακας 4.2).

Μήνας	Βόρειο Γεωγραφικό Πλάτος		
	40	37	35
Ιανουάριος	0.22	0.22	0.23
Φεβρουάριος	0.24	0.24	0.25
Μάρτιος	0.27	0.27	0.27
Απρίλιος	0.30	0.30	0.29
Μάιος	0.32	0.32	0.31
Ιούνιος	0.34	0.33	0.32
Ιούλιος	0.33	0.33	0.32
Αύγουστος	0.31	0.31	0.3
Σεπτέμβριος	0.28	0.28	0.28
Οκτώβριος	0.25	0.25	0.25
Νοέμβριος	0.22	0.22	0.23
Δεκέμβριος	0.21	0.21	0.22

Πίνακας 4.2 - Συντελεστής p
Πηγή: Τσακίρης, 2004

Στη συνέχεια υπολογίστηκε η μέση μηνιαία ωφέλιμη βροχόπτωση (P_{eff}) καθώς και η μηνιαία πράσινη υδατική χρήση (U_g):

$$P_{eff} = f(D) * (1,25 P_t^{0.824} - 2,93) * (10^{0.000955 * P_{Etc}}) \quad (4.2)$$

$$U_g = \min[PET_c, P_{eff}] \quad (4.3)$$

Από το άθροισμα των μηνιαίων πράσινων υδατικών χρήσεων προέκυψε ο συνολικός όγκος του απαιτούμενου πράσινου νερού:

$$CWU_g = \sum U_g \quad (4.4)$$

Εν τέλει, η συνολική ποσότητα του νερού διαιρέθηκε με την απόδοση της εκάστοτε καλλιέργειας διαμορφώνοντας το πράσινο υδατικό της αποτύπωμα:

$$YA_{\pi\rho} = CWU_{gr} / Y \quad (4.5)$$

Η διαδικασία αποτίμησης της πράσινης συνιστώσας του YA ολοκληρώθηκε με την αναγωγή των αποτελεσμάτων σε επίπεδο ΛΑΠ με τη βοήθεια Σ.Γ.Π..

4.1.3 Βοσκότοποι

Το πράσινο YA των βοσκοτόπων προσεγγίστηκε και πάλι με την μέθοδο Blaney-Criddle για τον υπολογισμό της $E\Delta_s$. Η διαδικασία προσδιορισμού του $YA_{\pi\rho}$, παρέμεινε δηλαδή ίδια, εκτός από το τελευταίο στάδιο, στο οποίο αντί να διαιρεθεί ο συνολικός όγκος του απαιτούμενου πράσινου νερού με την απόδοση της χρήσης, πολλαπλασιάστηκε με την συνολική έκταση που αυτή κάλυπτε:

$$YA_{\pi\rho} = CWU_{gr} * E \quad (4.6)$$

Επίσης, πραγματοποιήθηκε και πάλι αναγωγή των αποτελεσμάτων ως προς το επίπεδο των ΛΑΠ.

4.1.4 Δασικές Εκτάσεις

Αντίθετα με τις δύο προηγούμενες χρήσεις γης, η πράσινη συνιστώσα του ΥΑ για τις δασικές εκτάσεις υπολογίστηκε εφαρμόζοντας τη μέθοδο Hargreaves για τον προσδιορισμό της ΕΔ_δ:

$$ET_p = MF (18 T_a + 32) CH \quad (4.7)$$

Στην εν λόγω σχέση, ο μηνιαίος συντελεστής (MF) εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος και δίνεται από τον Πίνακα 4.3:

Μήνας	Συντελεστής MF
Ιανουάριος	0.441
Φεβρουάριος	1.037
Μάρτιος	1.694
Απρίλιος	2.229
Μάιος	2.011
Ιούνιος	2.561
Ιούλιος	2.956
Αύγουστος	2.533
Σεπτέμβριος	1.462
Οκτώβριος	1.359
Νοέμβριος	0.903
Δεκέμβριος	0.755

Πίνακας 4.3 – Μηνιαίος συντελεστής (MF)

Πηγή: Hargreaves, 1974

Επιπλέον, ο υπολογισμός της ΕΔ_δ σύμφωνα με τον Hargreaves, απαιτεί τη μέση μηνιαία θερμοκρασία (T_a) αλλά και τον διορθωτικό παράγοντα (CH) για τη σχετική υγρασία RH, ο οποίος χρησιμοποιείται μόνον όταν η μέση ημερήσια σχετική υγρασία (RH) ξεπερνά το 64% και υπολογίζεται ως:

$$CH = 0,166 (100 - RH)^{1/2} \quad (4.8)$$

Σε αυτό το σημείο σημειώνεται ότι, καθώς δεν ήταν δυνατή η πρόσβαση στα δεδομένα της σχετικής υγρασίας για όλους τους μετεωρολογικούς σταθμούς, χρησιμοποιήθηκαν ενδεικτικά, μόνον οι ακόλουθοι σταθμοί:

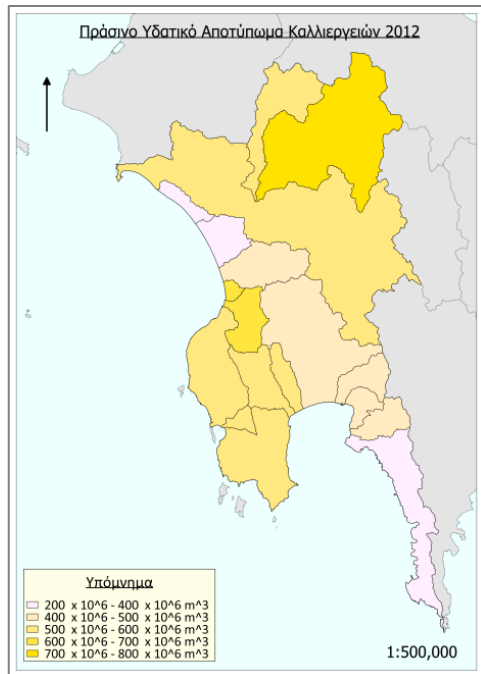
- Μ.Σ. Αλαγονίας
- Μ.Σ. Ανδρίτσαινας
- Μ.Σ. Βαρθολομιού
- Μ.Σ. Βυτίνας
- Μ.Σ. Ζαχάρως
- Μ.Σ. Καλαβρύτων
- Μ.Σ. Κατάκολου Ηλείας
- Μ.Σ. Κάτω Αχαΐας
- Μ.Σ. Κυπαρισσίας
- Μ.Σ. Μεγαλόπολης
- Μ.Σ. Μολάων Λακωνίας
- Μ.Σ. Ολυμπίας
- Μ.Σ. Ρίου
- Μ.Σ. Σπάρτης
- Μ.Σ. Φολόης
- Μ.Σ. Ωλένης

Αφού υπολογίσθηκε η $E\Delta_6$, η υπόλοιπη διαδικασία μέχρι τον προσδιορισμό του $YA_{\pi\rho}$ ήταν πανομοιότυπη με τις άλλες χρήσεις γης. Αναλυτικότερα, προσδιορίσθηκε η ωφέλιμη βροχόπτωση (P_{eff}) με την σχέση 4.2, εν συνεχεία ο συνολικός όγκος του απαιτούμενου πράσινου νερού (σχέση 4.4) και τέλος το $YA_{\pi\rho}$, πολλαπλασιάζοντας τον όγκο νερού με το σύνολο της έκτασης των δασικών εκτάσεων (σχέση 4.6). Η διαδικασία προσδιορισμού του πράσινου YA ολοκληρώθηκε με την αναγωγή σε επίπεδο ΛΑΠ.

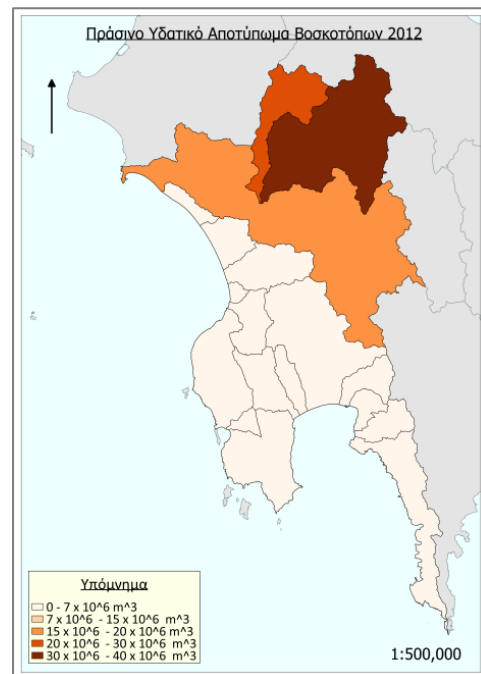
4.1.5 Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα από τους υπολογισμούς των υποενοτήτων 4.1.2, 4.1.3 και 4.1.4 οπτικοποιήθηκαν με τη βοήθεια Σ.Γ.Π. και απεικονίστηκαν με την μορφή χαρτών. Ενδεικτικά, παρουσιάζονται οι χάρτες του υπολογισθέντος πράσινου YA για το έτος 2012 των χρήσεων γης καλλιεργειών (Εικόνα 4.2), βοσκοτόπων (Εικόνα 4.3) και δασικών εκτάσεων (Εικόνα 4.4). Παρατηρείται ότι κάθε χρήση γης παρουσιάζει διαφορετικό μέγεθος $YA_{\pi\rho}$ στα υδατικά συστήματα της περιοχής μελέτης. Αυτό συμβαίνει γιατί σε κάθε ΛΑΠ, κάθε χρήση γης συμμετέχει σε διαφορετικά ποσοστά, όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 1. Είναι λογικό, λοιπόν, στα υδατικά συστήματα στα οποία εντοπίζονται περισσότερες δασικές εκτάσεις, το πράσινο YA αυτής της χρήσης να είναι αυξημένο συγκριτικά με τις άλλες χρήσεις γης. Επιπλέον, υπολογίσθηκε το συνολικό $YA_{\pi\rho}$ του $Y\Delta 01$ (Εικόνα 4.5), το οποίο παρατηρείται ότι ακολουθεί την κατανομή του $YA_{\pi\rho}$ των δασικών εκτάσεων. Αυτό έγκειται στο γεγονός ότι οι δασικές εκτάσεις καταλαμβάνουν τη μεγαλύτερη έκταση του $Y\Delta 01$ και συνεπώς διαδραματίζουν βασικό ρόλο στη διαμόρφωση της πράσινης συνιστώσας του YA .

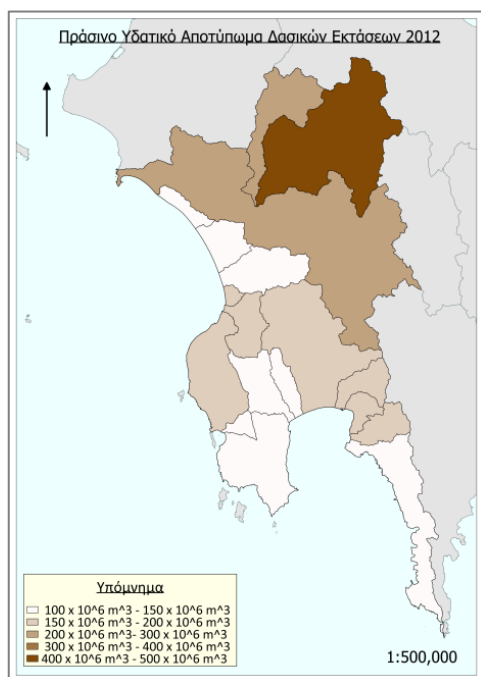
Τέλος σε ό,τι αφορά στην επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων, τα τελικά αποτελέσματα των συνολικών $YA_{\text{πρ}}$ του ΥΔ01 για κάθε χρονιά παρουσιάζονται στις Εικόνες 4.6, 4.7, 4.8 και 4.9. Συγκρίνοντας τα τελικά αποτελέσματα προκύπτει ότι διαχρονικά το $YA_{\text{πρ}}$ σε επίπεδο υδατικών συστημάτων, κατανέμεται με παρόμοιο τρόπο στην περιοχή μελέτης.



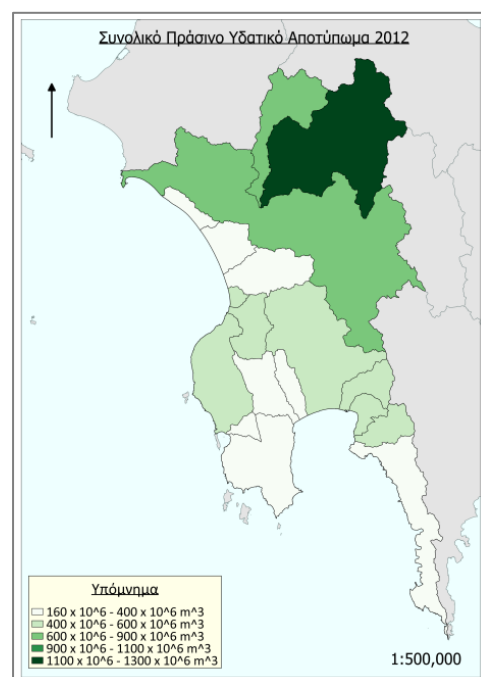
Εικόνα 4.2 - Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα ($YA_{\text{πρ}}$) για τις καλλιέργειες του ΥΔ01 για το έτος 2012



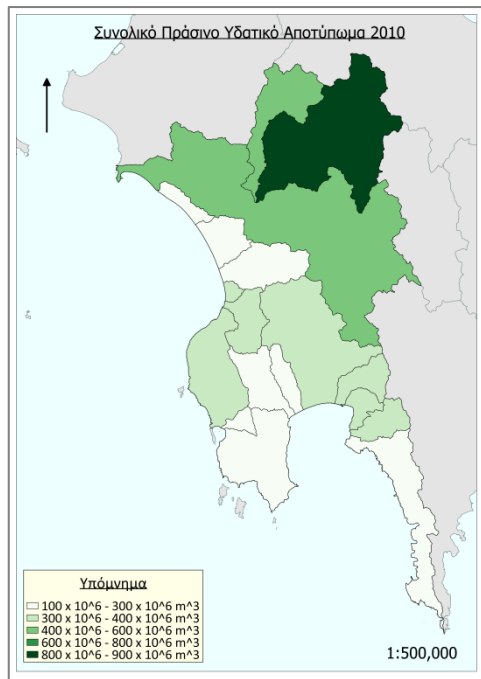
Εικόνα 4.3 – Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα ($YA_{\text{πρ}}$) για τους βοσκοτόπους του ΥΔ01 για το έτος 2012



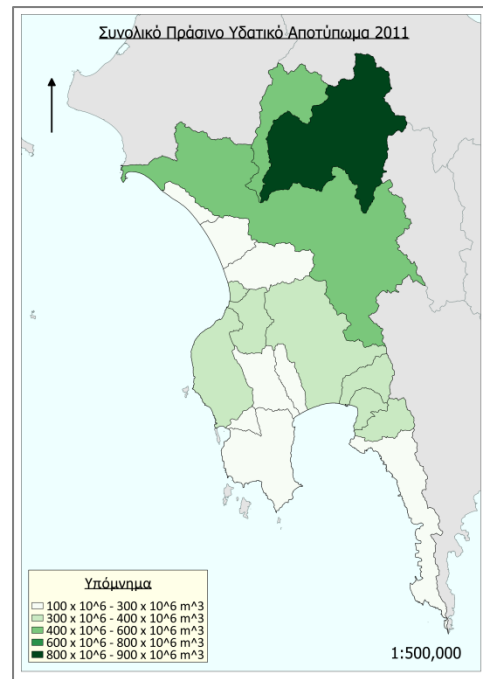
Εικόνα 4.4 – Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα ($YA_{\text{πρ}}$) για τις δασικές εκτάσεις του ΥΔ01 για το έτος 2012



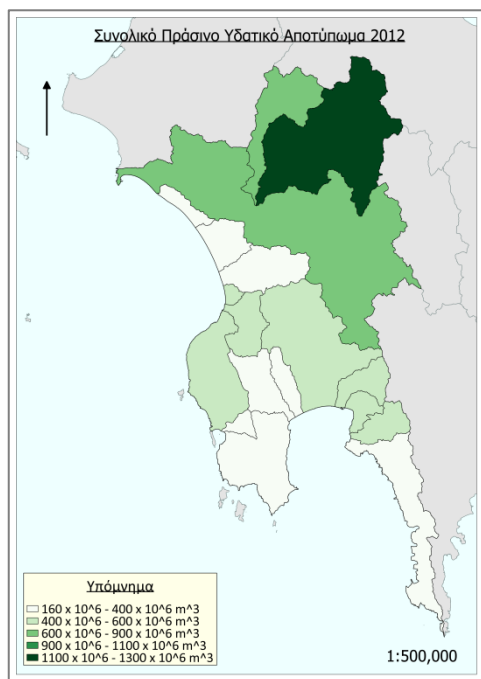
Εικόνα 4.5 – Συνολικό Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα ($YA_{\text{πρ}}$) για το ΥΔ01 για το έτος 2012



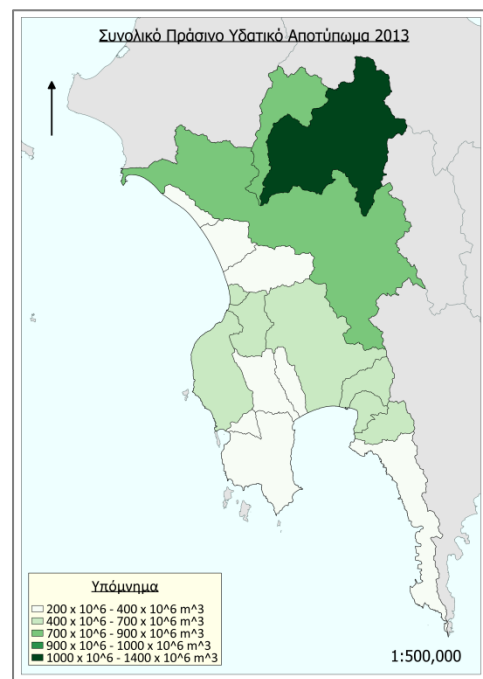
Εικόνα 4.6 – Συνολικό Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα (YA_{πρ}) του ΥΔ01 για το έτος 2010



Εικόνα 4.7 - Συνολικό Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα (YA_{πρ}) του ΥΔ01 για το έτος 2011



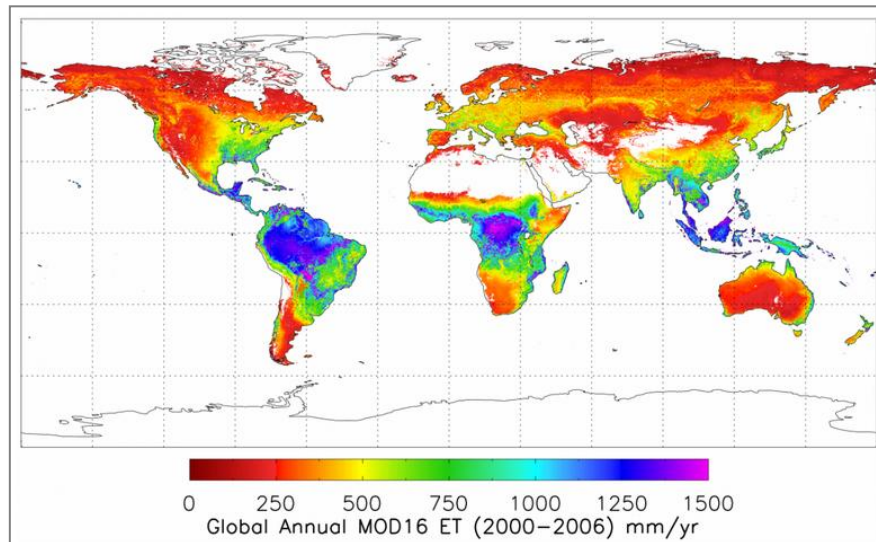
Εικόνα 4.8 - Συνολικό Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα (YA_{πρ}) του ΥΔ01 για το έτος 2012



Εικόνα 4.9 - Συνολικό Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα (YA_{πρ}) του ΥΔ01 για το έτος 2013

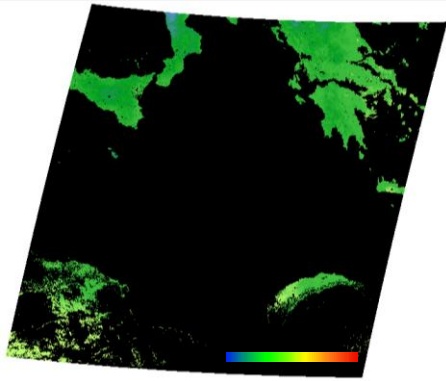
4.2 Επεξεργασία Δορυφορικών Δεδομένων και Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

Η μέθοδος εκτίμησης της δυνητικής ΕΔ με δορυφορικά δεδομένα, βασίστηκε στο «MODIS Global Evapotranspiration Project (MOD16)» της NASA, το οποίο στόχο είχε την εκτίμηση της παγκόσμιας ΕΔ με τη χρήση δεδομένων ψηφιακής τηλεπισκόπησης (Εικόνα 4.10).

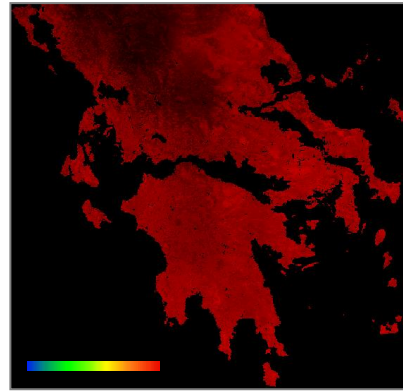


Εικόνα 4.10 - Παγκόσμια ετήσια εξατμισοδιαπνοή (2000 - 2006)
Πηγή: ntsg.umd.edu/project/mod16, 2015

Αρχικά, εντοπίστηκαν οι εικόνες (.hdf) οι οποίες συμπεριελάμβαναν την περιοχή μελέτης (h19v05), και πραγματοποιήθηκε λήψη και εισαγωγή τους στο λογισμικό Σ.Γ.Π., ώστε να επεξεργασθούν. Σημειώνεται, ότι η επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε ήταν απευθείας ποσοτική ανάλυση των δεδομένων ΕΔ για κάθε εικονοστοιχείο. Πριν τις βασικές επεξεργασίες, πραγματοποιήθηκε μετατροπή από το Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα WGS'84, στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΕΓΣΑ' 87), έτσι ώστε να συμπίπτουν με τα υπόλοιπα θεματικά επίπεδα της βάσης δεδομένων (Εικόνα 4.11). Στη συνέχεια, με περικοπή των ορίων της εικόνας περιορίστηκε η απεικονιζόμενη πληροφορία μόνο στην ευρύτερη περιοχή μελέτης (Εικόνα 4.12).

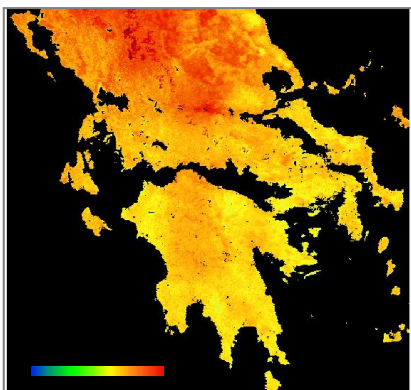


Εικόνα 4.11 – Γεωαναφερμένη δορυφορική εικόνα

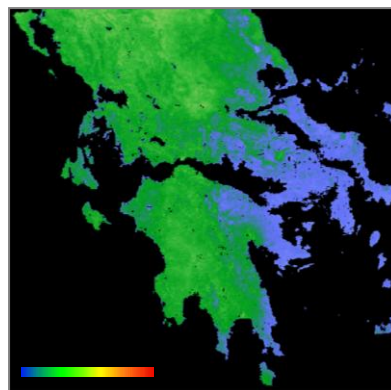


Εικόνα 4.12 – Δορυφορική εικόνα μετά τον περιορισμό των ορίων της αρχικής

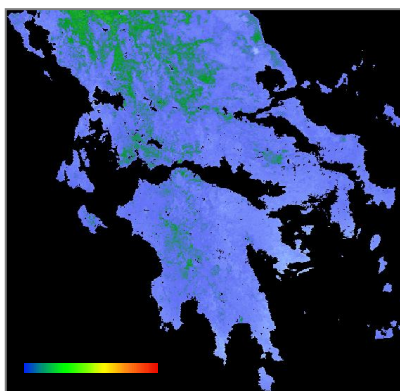
Στη συνέχεια αποδόθηκε στις εικόνες κατάλληλη χρωματική κλίμακα, με στόχο την κατανοητή οπτικοποίησή τους. Στις Εικόνες 4.13, 4.14, 4.15 και 4.16 παρουσιάζεται ενδεικτικά η μεταβολή της δυνητικής ΕΔ για τους μήνες Μάρτιο, Μάιο, Αύγουστο και Νοέμβριο του έτους 2010, όπου με κόκκινο αποτυπώνονται οι χαμηλότερες τιμές και με μπλε οι μέγιστες. Σημειώνεται σε αυτό το σημείο, πως οι ακραίες τιμές εντοπίστηκαν και καταχωρήθηκαν σε αυτές μηδενικές τιμές, ώστε να μην συμμετέχουν στον προσδιορισμό του τελικού $YA_{\pi\rho}$. Εν συνεχεία, εφαρμόζοντας χωρική παρεμβολή, υπολογίσθηκαν οι τιμές ED_{δ} σε επίπεδο διοικητικών και φυσικών ορίων. Εν τέλει, οι τιμές της ED_{δ} εισήχθησαν στους αντίστοιχους αλγορίθμους υπολογισμού της πράσινης συνιστώσας του ΥΑ, όπου σε συνδυασμό με τα μετεωρολογικά δεδομένα ωφέλιμης βροχόπτωσης, προσδιορίσθηκαν οι τιμές $YA_{\pi\rho}$ για τις δύο ΛΑΠ.



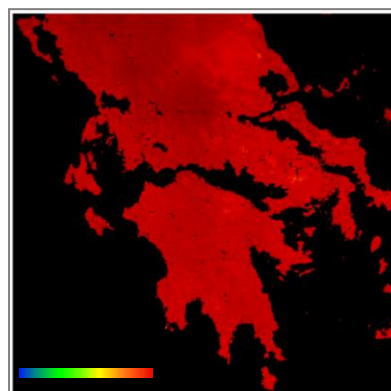
Εικόνα 4.13 - Δυνητική εξατμισοδιαπνοή Μαρτίου 2010



Εικόνα 4.14 - Δυνητική εξατμισοδιαπνοή Μαΐου 2010



Εικόνα 4.15 - Δυνητική εξατμισοδιαπνοή Αυγούστου 2010



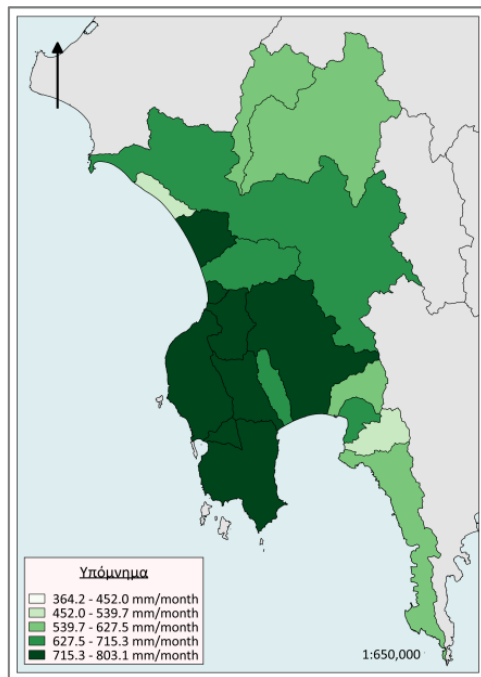
Εικόνα 4.16 - Δυνητική εξατμισοδιαπνοή Νοεμβρίου 2010

4.2.1 Αποτελέσματα

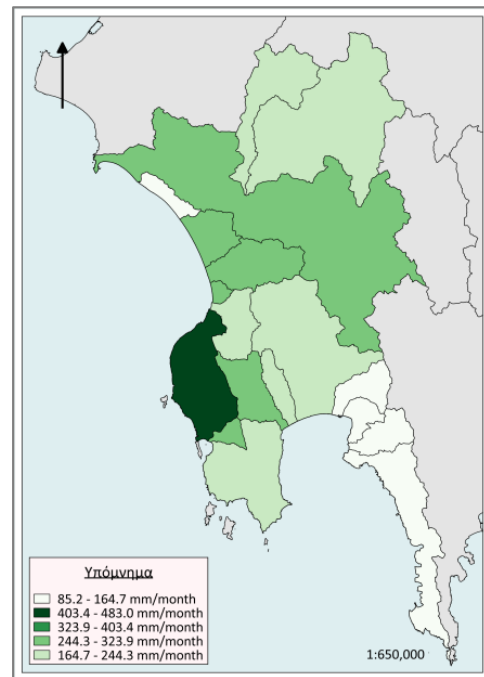
Οι τιμές της πραγματικής και της δυνητικής ΕΔ σε μηνιαία βάση καθώς επίσης και τα αποτελέσματα των υπολογισμών οπτικοποιήθηκαν με τη βοήθεια Σ.Γ.Π. και απεικονίστηκαν με την μορφή χαρτών. Ενδεικτικά, παρουσιάζονται οι χάρτες που αποτυπώνουν τις πραγματικές (Εικόνα 4.17 και 4.18) και τις δυνητικές (Εικόνα 4.19 και 4.20) τιμές ΕΔ_δ για τους μήνες Ιούλιο και Απρίλιο. Παρατηρείται ότι και στις δύο περιπτώσεις τον Ιούλιο το φαινόμενο της ΕΔ εντείνεται, ενώ τον Απρίλιο περιορίζεται. Ακόμη, οι τιμές πραγματικής ΕΔ είναι αρκετά μικρότερες συγκριτικά με αυτές της δυνητικής ΕΔ, παρατήρηση η οποία είναι λογική αφού η δυνητική ΕΔ υπολογίζεται με δεδομένη την υδατική επάρκεια.

Τέλος σε ό,τι αφορά στην επεξεργασία των δορυφορικών δεδομένων για τον προσδιορισμό των συνολικών ΥΑ_{πρ} του ΥΔ01 για κάθε χρονιά, τα αποτελέσματα της διαδικασίας αυτής παρουσιάζονται στις Εικόνες 4.21, 4.22, 4.23 και 4.24. Συγκρίνοντας αυτά τα αποτελέσματα προκύπτει ότι η τάξη μεγέθους του ΥΑ_{πρ} παραμένει σταθερή διαχρονικά, ενώ αντίθετα παρατηρείται χωρική διαφοροποίηση μεταξύ των υπολεκανών. Συγκεκριμένα εντοπίζονται μικρομεταβολές στην

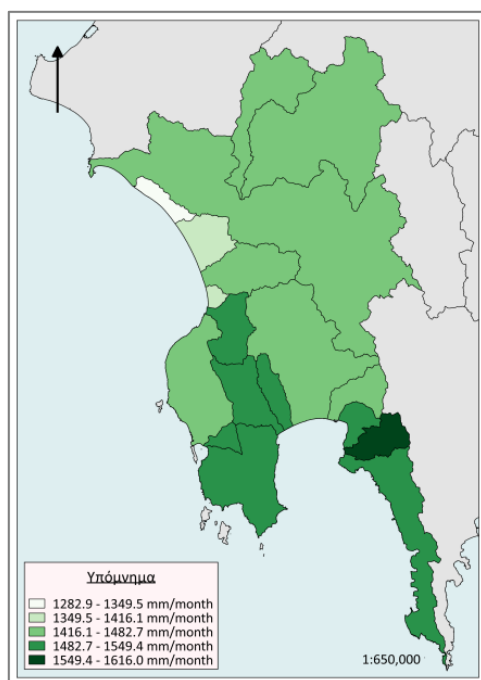
κατανομή του Υ_{Aπρ} κυρίως στο ανατολικό τμήμα της ΛΑΠ Πάμισου – Νέδοντα – Νέδα, οι οποίες μπορεί να οφείλονται σε ποικίλους παράγοντες, όπως η μεταβολή των καλλιεργήσιμων ειδών.



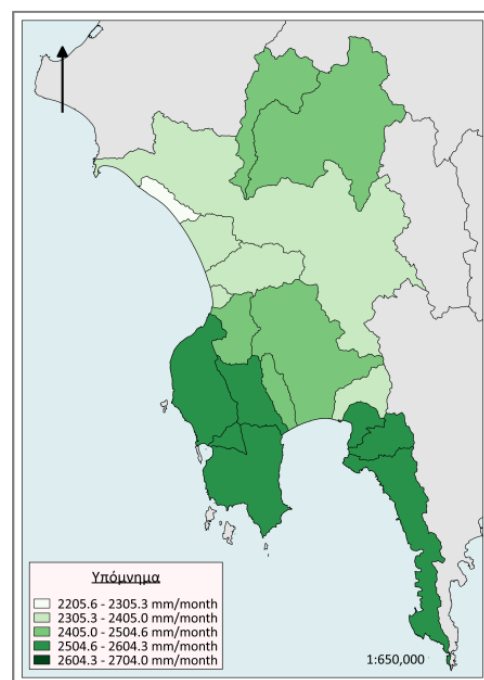
Εικόνα 4.17 – Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή (ΕΔ) από τηλεπισκοπικά δεδομένα για τον Ιούλιο του 2012



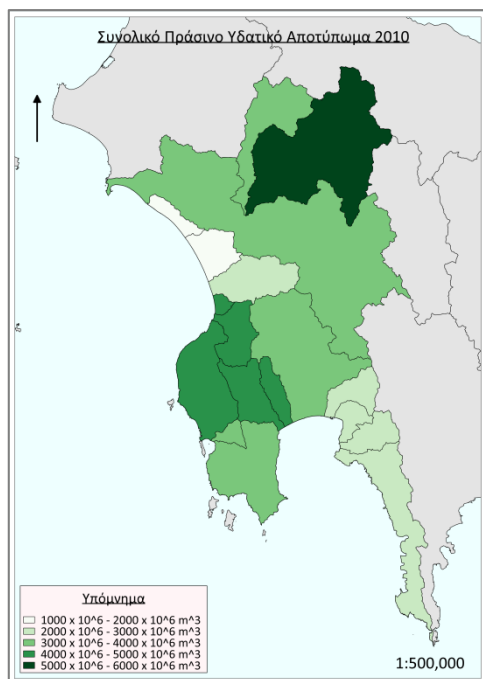
Εικόνα 4.18 – Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή (ΕΔ) από τηλεπισκοπικά δεδομένα για τον Απρίλιο του 2012



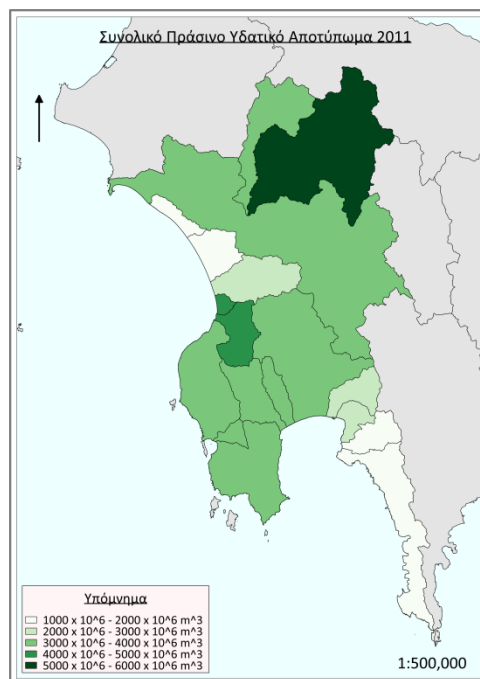
Εικόνα 4.19 – Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή (ΕΔ_δ) από τηλεπισκοπικά δεδομένα για τον Ιούλιο του 2012



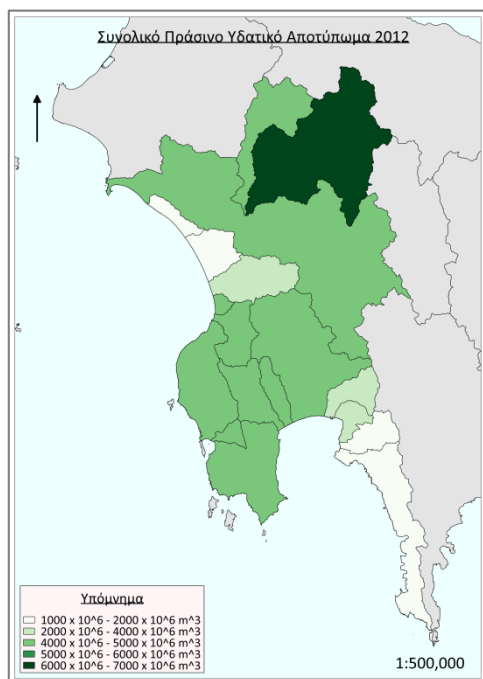
Εικόνα 4.20 – Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή (ΕΔ_δ) από τηλεπισκοπικά δεδομένα για τον Απρίλιο του 2012



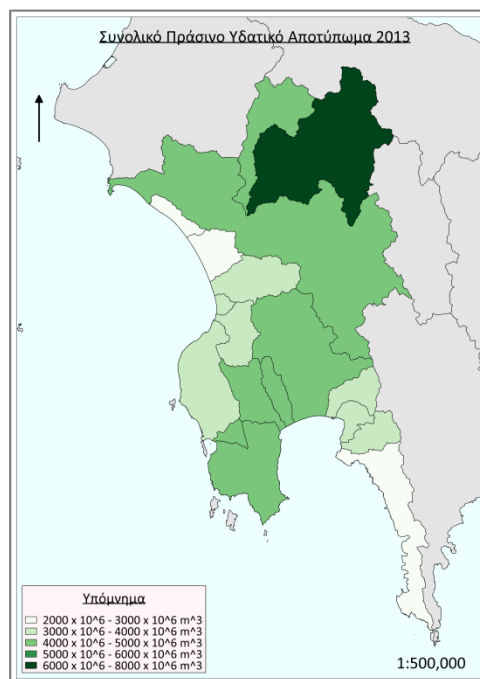
Εικόνα 4.21 - Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα (YΑ_{πρ}) από τηλεπισκοπικά δεδομένα για το έτος 2010



Εικόνα 4.22 - Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα (YΑ_{πρ}) από τηλεπισκοπικά δεδομένα για το έτος 2012



Εικόνα 4.23 - Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα (YΑ_{πρ}) από τηλεπισκοπικά δεδομένα για το έτος 2012



Εικόνα 4.24 - Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα (YΑ_{πρ}) από τηλεπισκοπικά δεδομένα για το έτος 2013

4.3 Συγκριτική ανάλυση αποτελεσμάτων

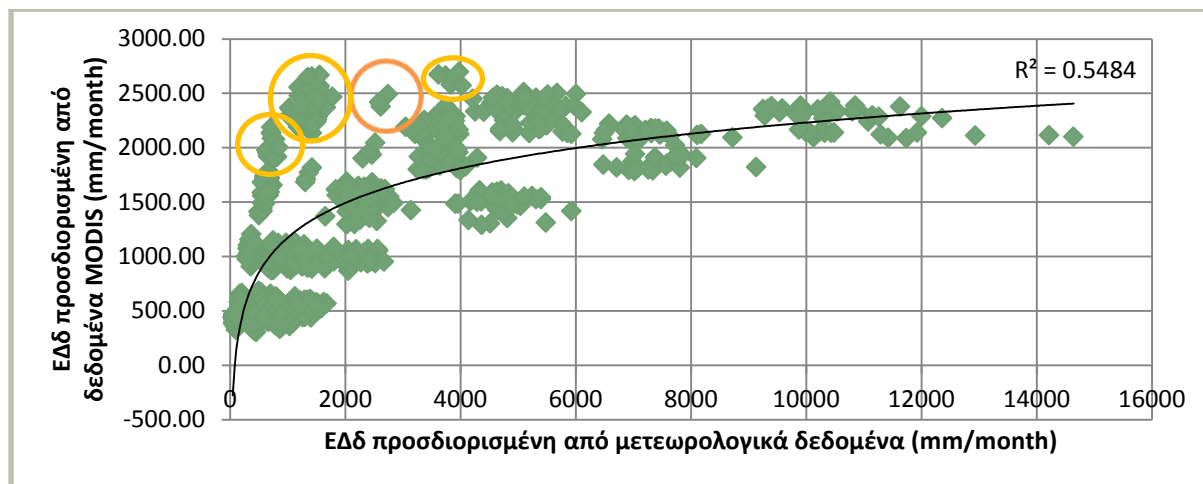
Στην παρούσα ενότητα διερευνάται η ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ των προσδιορισμένων τιμών ED_{δ} από μετεωρολογικά και δορυφορικά δεδομένα, όπως επίσης και μεταξύ των υπολογισμένων $YA_{\pi\rho}$ που προέκυψαν. Στην περίπτωση που παρατηρηθεί συσχέτιση, σκοπός είναι να εντοπισθούν οι ιδιαιτερότητες εμφάνισής της, σε χωρικό και χρονικό επίπεδο και να πραγματοποιηθεί η σχετική τεχνική και περιβαλλοντική αιτιολόγηση. Εν τέλει, μέσω αυτής της διαδικασίας δύναται να διαμορφωθεί μία μεθοδολογία που θα βασίζεται σε μία ή περισσότερες σχέσεις με τις οποίες θα μπορούσαν να προσδιοριστούν οι τιμές της ED_{δ} και του $YA_{\pi\rho}$ από οποιαδήποτε εικόνα MODIS, για τη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης και τις συγκεκριμένες χρήσεις γης.

Η συσχέτιση υλοποιείται με τη χρήση μοντέλων, τα οποία εκφράζονται με γραμμικές ή λογαριθμικές εξισώσεις. Ο βαθμός συσχέτισης προσδιορίζεται υπολογίζοντας τον συντελεστή προσδιορισμού R^2 . Όσον αφορά στον συγκεκριμένο συντελεστή, αποτελεί ένα στατιστικό μέγεθος το οποίο εκτιμά το βαθμό συσχέτισης των δεδομένων ενός μοντέλου και λαμβάνει τιμές από 0 έως 100%. Αν $R^2 = 0$ τότε το μοντέλο δεν μπορεί να ερμηνεύσει την μεταβλητότητα των παρατηρήσεων, ενώ αν $R^2 = 1$ το μοντέλο τείνει προς την ερμηνεία του 100% της παρατηρούμενης μεταβλητότητας, οπότε όσο εγγύτερη είναι η τιμή του συντελεστή στη μονάδα τόσο καλύτερο το μοντέλο (Draپر & Smith, 1981).

Αρχικά, ελέγχεται η συσχέτιση των τιμών που προέκυψαν από μετεωρολογικά και δορυφορικά δεδομένα κατά τη διάρκεια των τεσσάρων ετών (2010 – 2013) και ύστερα διερευνάται η ύπαρξη συσχετίσεων σε ετήσια βάση, ώστε να εξαχθούν πιο ακριβή και γενικευμένα συμπεράσματα. Επιπλέον, σε περίπτωση που υπάρχουν απομακρυσμένες τιμές, εξετάζεται η πιθανή συσχέτισή τους και η διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων αν αυτές δεν ληφθούν υπόψη κατά τους υπολογισμούς. Τα διαγράμματα σχεδιάζονται, χρησιμοποιώντας τα προσδιορισμένα μεγέθη (ED_{δ} , $YA_{\pi\rho}$) από μετεωρολογικούς σταθμούς στον άξονα x και τα μεγέθη που προέκυψαν από την τηλεπισκοπική ανάλυση στον άξονα y. Επιπλέον, σημειώνεται ότι τα δεδομένα ED_{δ} είναι σε μονάδες χιλιοστών ανά μήνα (mm/month) ενώ τα $YA_{\pi\rho}$ σε μονάδες κυβικών μέτρων (m^3).

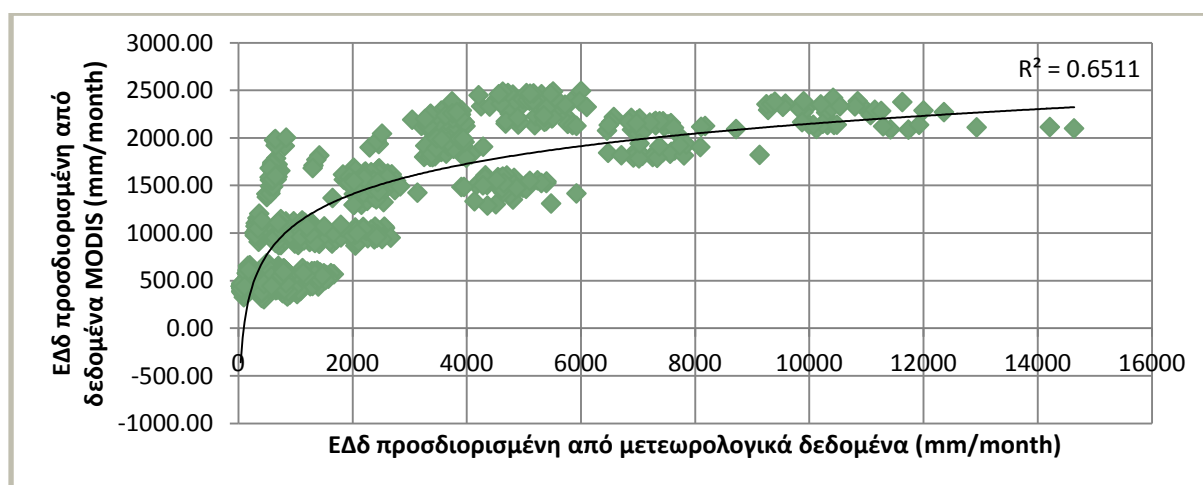
4.3.1 Συγκριτική Ανάλυση Τιμών Δυνητικής Εξατμισοδιαπνοής (ΕΔ_δ)

Σε ό,τι αφορά στις τιμές της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (ΕΔ_δ), η συσχέτιση διαμορφώνεται ως εξής (Διάγραμμα 4.1):



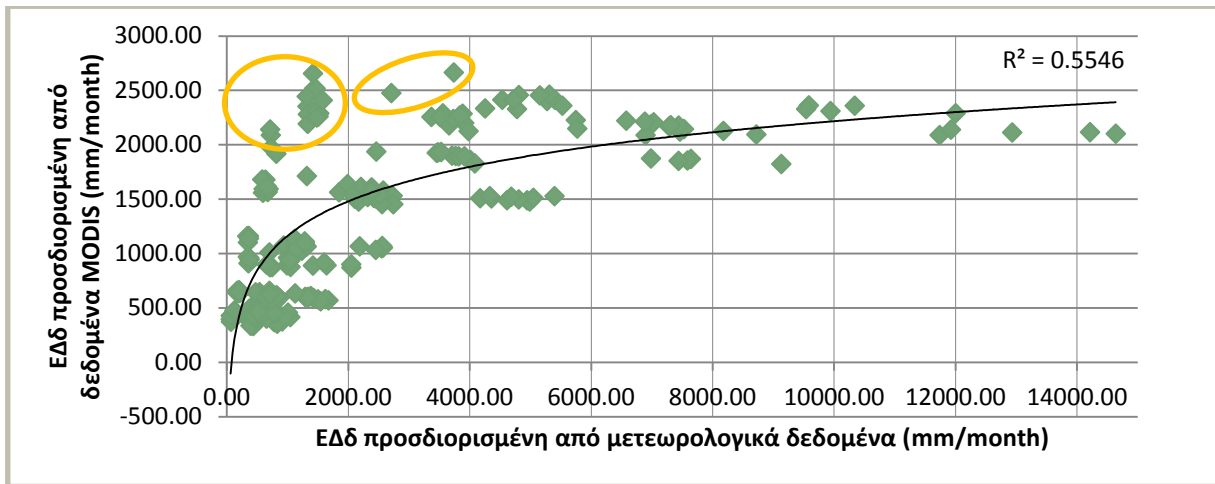
Διάγραμμα 4.1 - Συσχέτιση ΕΔ_δ διαχρονικά για τα έτη 2010 - 2013

Ανάμεσα στις δύο ομάδες δεδομένων, η διασπορά των παρατηρήσεων ερμηνεύεται με τη χρήση λογαριθμικής συνάρτησης και παρατηρείται μέτρια συσχέτιση, της τάξης του 55%. Για το λόγο αυτό πραγματοποιούνται δοκιμές με τη χρήση ή όχι των ακραίων τιμών, ενώ ταυτόχρονα μελετάται η πιθανότητα συσχέτισης των ακραίων αυτών τιμών σε κάποιο άλλο μοντέλο. Μία πρώτη προσπάθεια βελτίωσης της συσχέτισης των τιμών ΕΔ_δ, παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 4.2, έπειτα από την αφαίρεση των ακραίων τιμών. Η βελτίωση όμως που επιτυγχάνεται είναι μόνο 10% για αυτό και ακολουθεί περαιτέρω ανάλυση ανά έτος, ώστε να διερευνηθούν οι αιτίες και η συχνότητα εμφάνισης των ακραίων τιμών.

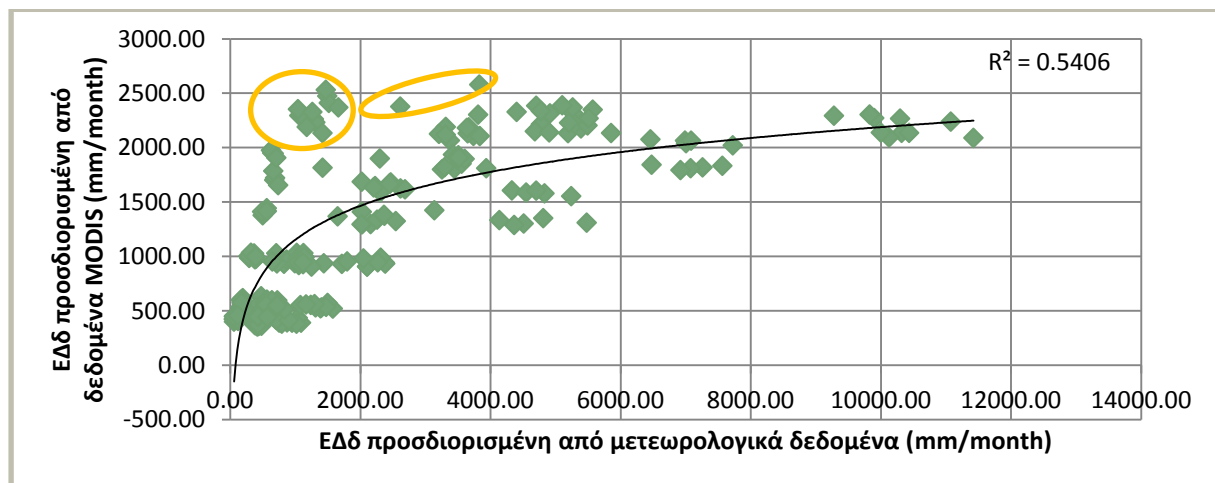


Διάγραμμα 4.2 – 1η Διόρθωση της συσχέτισης της ΕΔ_δ διαχρονικά για τα έτη 2010 - 2013

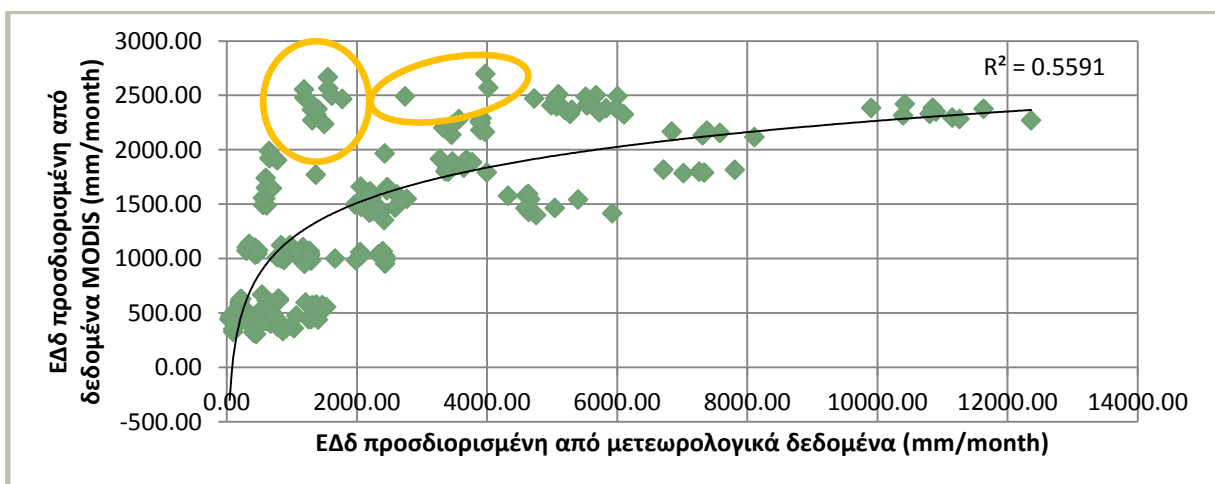
Για την καλύτερη ερμηνεία του βαθμού και του τρόπου συσχέτισης των δεδομένων, εντοπίζονται και απαλείφονται οι απομακρυσμένες τιμές των Διαγραμμάτων 4.3, 4.4, 4.5 και 4.6, στα οποία παρουσιάζονται οι συσχετίσεις των τιμών της ΕΔ_δ για κάθε έτος ξεχωριστά.



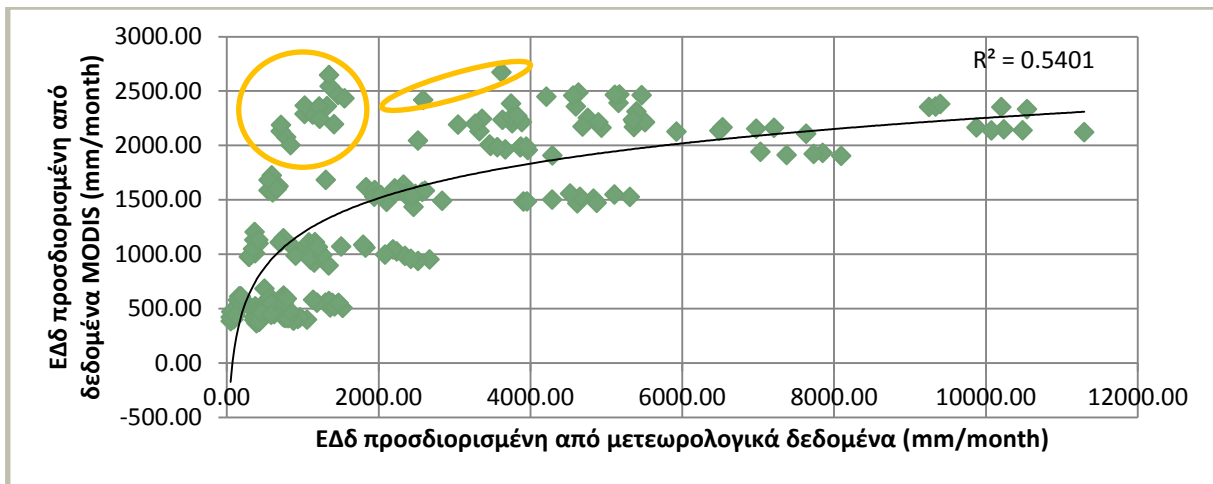
Διάγραμμα 4.3 – Συσχέτιση δεδομένων ΕΔ_δ για το έτος 2010



Διάγραμμα 4.4 – Συσχέτιση δεδομένων ΕΔ_δ για το έτος 2011

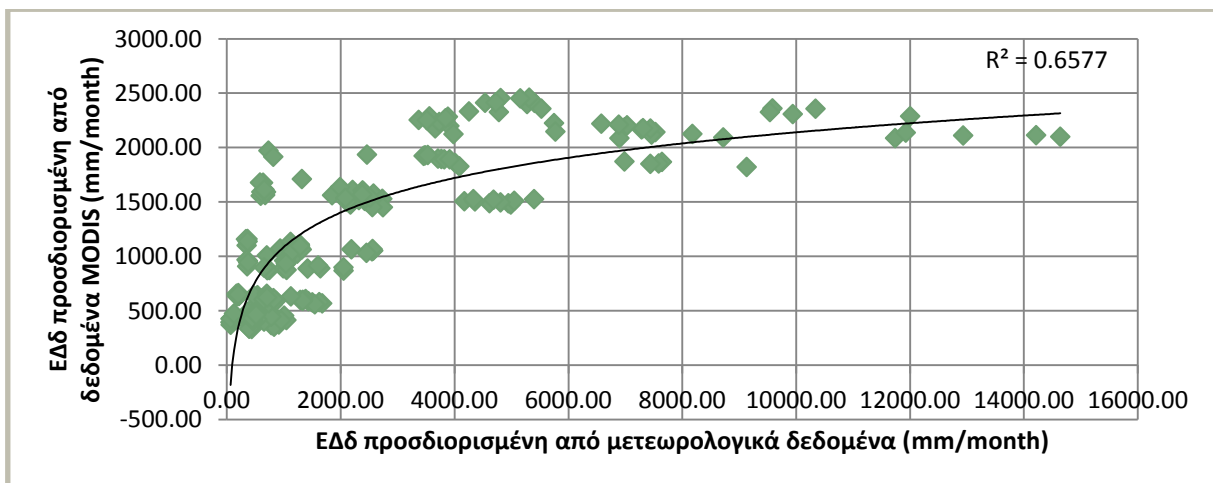


Διάγραμμα 4.5 – Συσχέτιση δεδομένων ΕΔ_δ για το έτος 2012

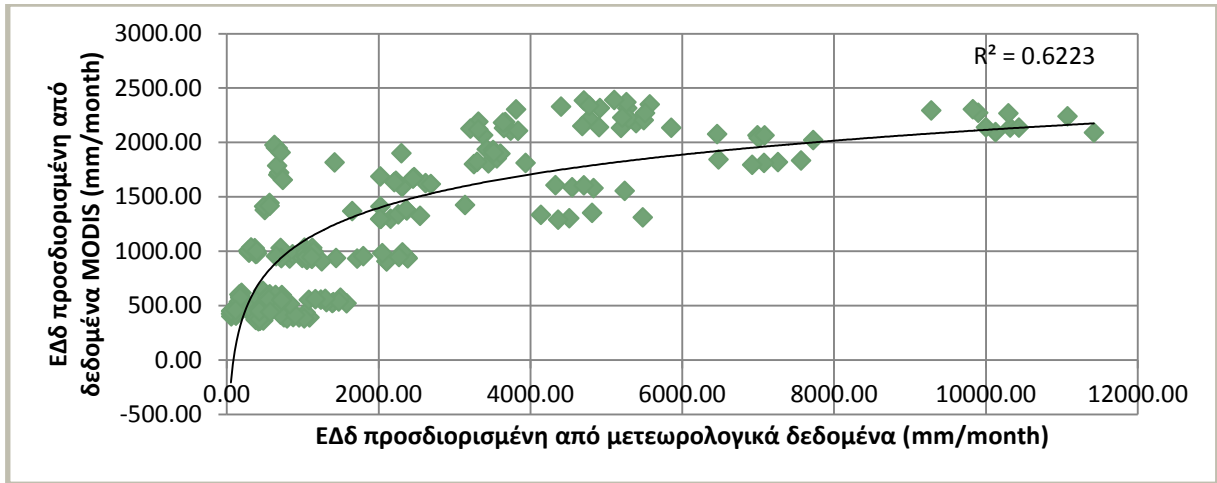


Διάγραμμα 4.6 – Συσχέτιση δεδομένων ΕΔ_δ για το έτος 2013

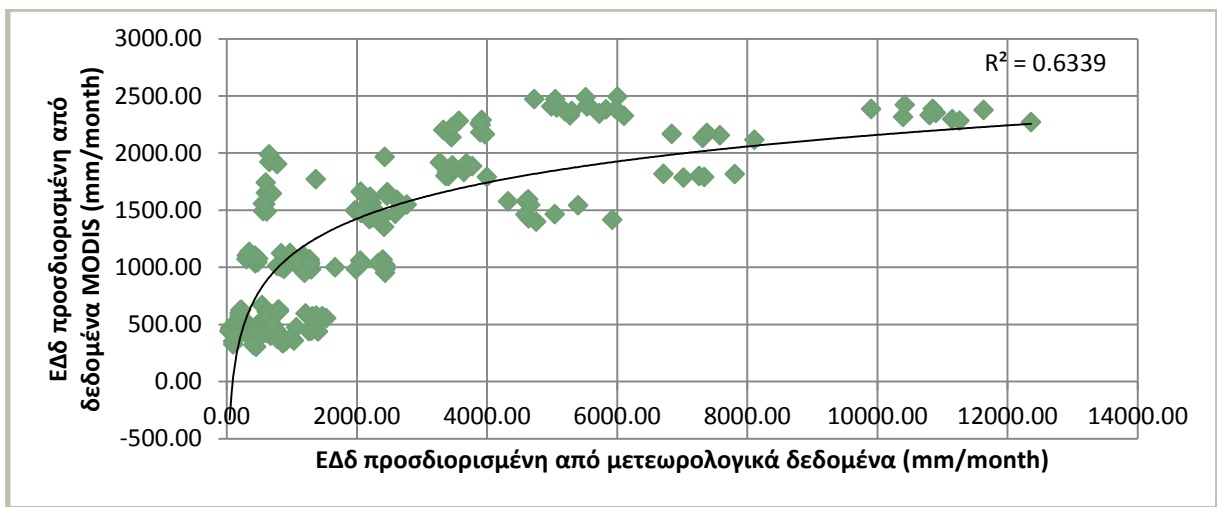
Παρατηρείται ότι οι συσχετίσεις των ετήσιων δεδομένων δυνητικής ΕΔ εξακολουθούν να ερμηνεύονται με λογαριθμικές συναρτήσεις και να έχουν συντελεστή προσδιορισμού $R^2 \approx 0,55$, άρα παραμένει αναγκαία η περαιτέρω επεξεργασία για τη βελτίωση των συσχετίσεων. Η επεξεργασία αυτή έγκειται και πάλι στον εντοπισμό των ακραίων τιμών οπτικά και στην απομόνωσή τους (Διαγράμματα 4.7, 4.8, 4.9 και 4.10). Βέβαια, σημειώνεται ότι και πάλι οι νέες συσχετίσεις δεν βελτιώνονται από τις αρχικές παρά μόνο κατά ποσοστό ίσο με 10% ($R^2 \approx 0,65$).



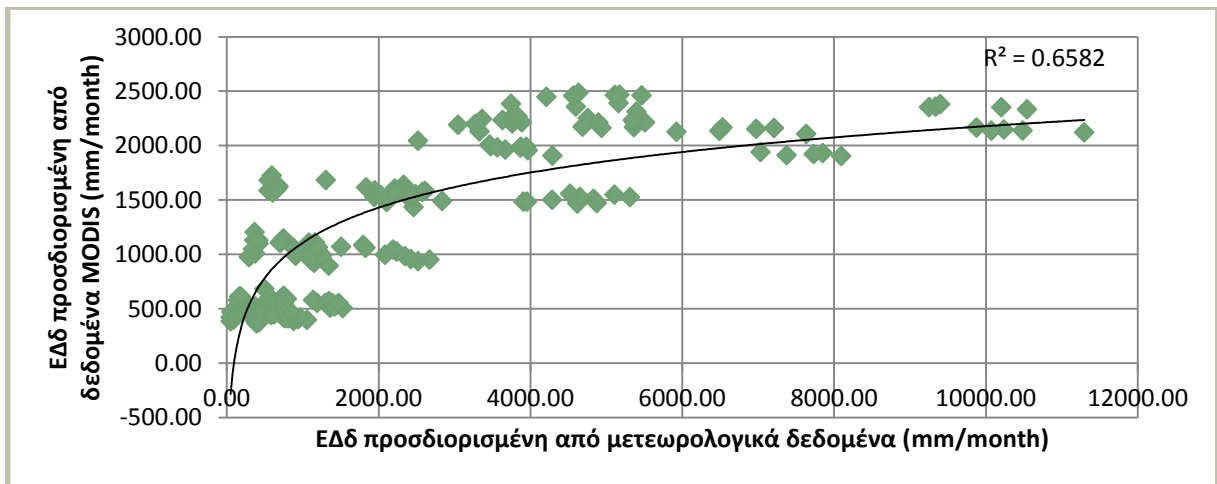
Διάγραμμα 4.7 – Διόρθωση συσχέτισης δεδομένων ΕΔ_δ για το έτος 2010



Διάγραμμα 4.8 – Διόρθωση συσχέτισης δεδομένων ΕΔδ για το έτος 2011



Διάγραμμα 4.9 – Διόρθωση συσχέτισης δεδομένων ΕΔδ για το έτος 2012



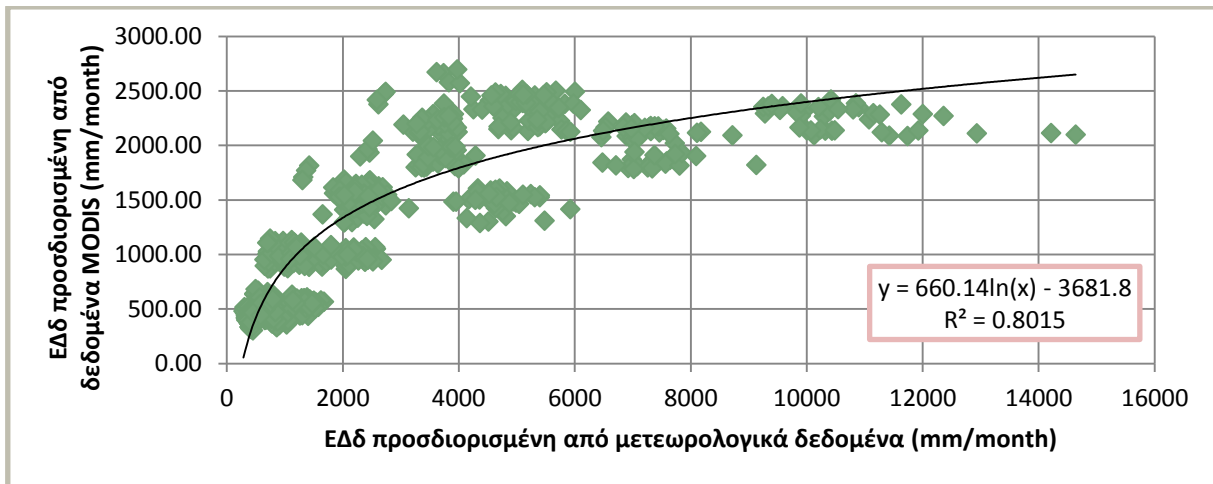
Διάγραμμα 4.10 – Διόρθωση συσχέτισης δεδομένων ΕΔδ για το έτος 2013

Ωστόσο, αν και η βελτίωση της συσχέτισης είναι μικρή, η μελέτη των δεδομένων της ΕΔ_δ σε ετήσια βάση λειτουργεί βοηθητικά στην εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικών με την συχνότητα και την περιοδικότητα εμφάνισης των προβληματικών τιμών. Πιο αναλυτικά καταγράφονται τα εξής:

- Οι τιμές δυνητικής ΕΔ για τους δήμους Αιγιαλείας, Ήλιδας, Σικυωνίων και Σπάρτης χαρακτηρίζονται ως ακραίες με μεγάλη απόσταση από την λογαριθμική καμπύλη συσχέτισης καθόλη τη διάρκεια των θερινών μηνών και για τις τέσσερις χρονιές. Σε μία προσπάθεια ερμηνείας αυτής της ιδιαιτερότητας, χρησιμοποιούνται Σ.Γ.Π. ώστε να ελεγχθούν τα χαρακτηριστικά έκτασης και χρήσεων γης των δήμων αυτών ως προς την περιοχή μελέτης. Προκύπτει ότι το φαινόμενο της μη συμβατότητας με τη γενική συνάρτηση συσχέτισης οφείλεται κατά πάσα πιθανότητα στην περιορισμένη συμμετοχή των δήμων στη συνολική έκταση του ΥΔ01.
- Διαχρονικό πρόβλημα εντοπίζεται επίσης στις τιμές της ΕΔ_δ που αφορούν στο δήμο Ανατολικής Μάνης κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Ωστόσο, από τη στιγμή που ο δήμος ανήκει εξ ολοκλήρου στο ΥΔ01, εικάζεται πως οι απομακρυσμένες τιμές ίσως οφείλονται στην ποικιλία χρήσεων γης που συγκεντρώνονται στη μικρή έκτασή του. Συγκεκριμένα, βάσει του χαρτογραφικού υποβάθρου του Corine 2000, στο δήμο εντοπίζονται διάσπαρτες χρήσεις δασικών εκτάσεων, καλλιεργειών, αστικού δικτύου, αλλά και αποτεφρωμένων εκτάσεων.
- Για το έτος 2012, στις απομακρυσμένες τιμές συμπεριλαμβάνονται και οι τιμές της ΕΔ_δ του μήνα Ιουλίου για τους δήμους Δυτικής Μάνης και Πύλου-Νέστορος, γεγονός που ίσως οφείλεται σε μεταβολές στην κάλυψη γης. Ωστόσο, τέτοιες μεταβολές δεν μπορούν να προσδιορισθούν περαιτέρω, καθώς από τη μία τα δεδομένα έκτασης και απόδοσης των χρήσεων γης θεωρήθηκαν για όλες τις χρονιές σταθερά και ίσα με αυτά του έτους 2010, ενώ παράλληλα δεν πραγματοποιήθηκαν ταξινομήσεις στα δορυφορικά δεδομένα που θα μπορούσαν να προσδιορίσουν με λεπτομέρεια τις μεταβολές κάλυψης. Συμπεραίνεται λοιπόν, ότι το φαινόμενο των απομακρυσμένων τιμών για τους δήμους Δυτικής Μάνης και Πύλου – Νέστορος, ίσως οφείλεται στην αναντιστοιχία των στατιστικών δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις εμπειρικές μεθόδους και των πραγματικών δεδομένων που «διάβασε» ο MODIS και οι οποίες μπορεί να αναφέρονται σε διαφορετική κάλυψη γης.

Δεδομένων των παραπάνω παρατηρήσεων και απομακρύνοντας μόνον τα δεδομένα που αφορούν στους δήμους Αιγιαλείας, Ήλιδας, Σικυωνίων και Σπάρτης, οι συσχετίσεις βελτιώνονται κατά πολύ, προσεγγίζοντας το $R^2=80\%$ (Διάγραμμα 4.11). Από αυτό συμπεραίνεται πως η τελική συσχέτιση των δεδομένων της ΕΔ_δ επηρεάζεται κατά πολύ από την αναντιστοιχία των ορίων των υδατικών

συστημάτων και των διοικητικών μονάδων. Συγκεκριμένα, η μη ταύτιση μεταξύ των προαναφερθέντων ορίων αποτελεί πηγή σημαντικών σφαλμάτων στους υπολογισμούς, καθώς αναπόφευκτα συμμετέχουν σε αυτούς και οι δήμοι (διοικητικά όρια) των οποίων η έκταση που συμμετέχει στο ΥΔ (όρια υδατικού συστήματος) είναι αμελητέα.



Διάγραμμα 4.11 – Τελική Συσχέτιση ΕΔδ διαχρονικά (2010 – 2013)

4.3.2 Συγκριτική Ανάλυση Ακραίων Τιμών Δυνητικής Εξατμισοδιαπνοής (ΕΔδ)

Για τη διερεύνηση του βαθμού κατά τον οποίον οι διασπορές (ανά έτος) των αποκλεισθέντων τιμών μπορούν να ερμηνευθούν από διαφορετικά μοντέλα, πραγματοποιείται συσχέτιση των τιμών αυτών όπως αυτές προέκυψαν από τις δύο προσεγγίσεις. Προκύπτει λοιπόν, ότι διαχρονικά οι ακραίες τιμές δε παρουσιάζουν ικανοποιητικές συσχετίσεις:

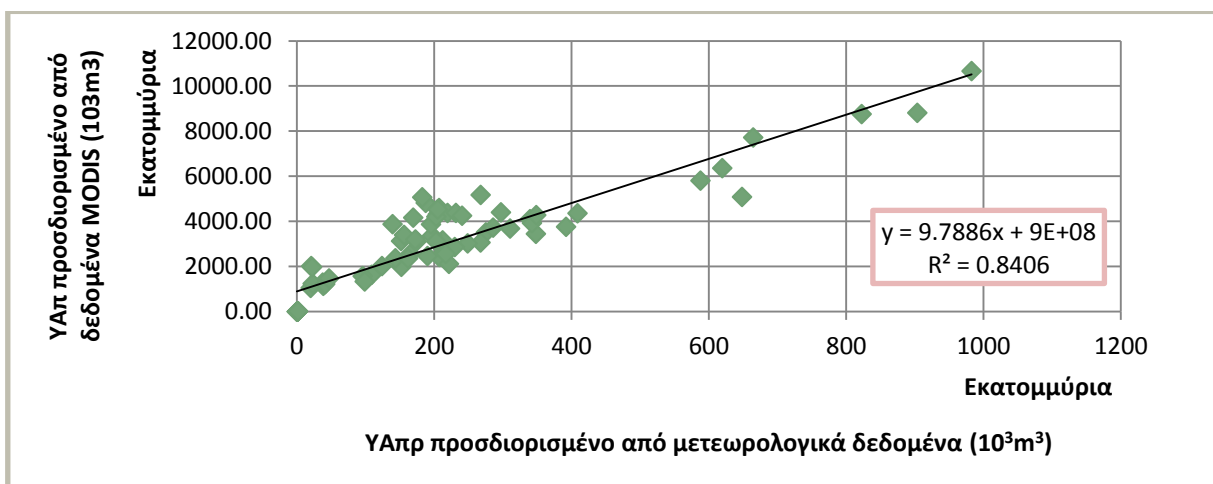
- για το έτος 2010 $R^2 = 0,49$
- για το έτος 2011 $R^2 = 0,35$
- για το έτος 2012 $R^2 = 0,18$ και
- για το 2013 $R^2 = 0,45$

Συνεπώς, εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι ακραίες τιμές δεν συσχετίζονται και άρα δεν έχει νόημα να μελετηθούν ξεχωριστά (Παράρτημα Διαγραμμάτων).

4.3.3 Συγκριτική Ανάλυση Τιμών Πράσινου Υδατικού Αποτυπώματος (YA_{πρ})

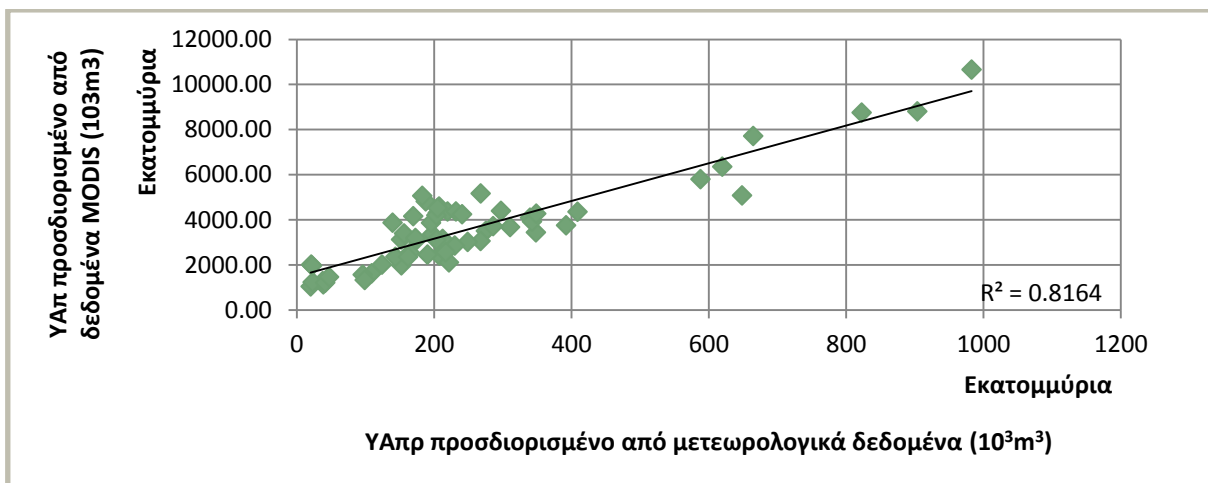
Παρόμοια διαδικασία με αυτή της συσχέτισης των τιμών της ΕΔ_δ ακολουθείται και για τις τιμές των υπολογισθέντων YA_{πρ}. Αρχικά, σχεδιάζεται το αντίστοιχο διάγραμμα που αφορά στη διαχρονική συσχέτιση των δεδομένων και στη συνέχεια ακολουθεί η ετήσια ανάλυση και η εξαγωγή ανάλογων συμπερασμάτων. Αναλυτικότερα, στο Διάγραμμα 4.12 παρουσιάζεται η διαχρονική συσχέτιση των YA_{πρ} η οποία ερμηνεύεται γραμμικά και είναι ίση με $R^2 \approx 84\%$.

Σε αυτό το σημείο, είναι ενδιαφέρον να σχολιασθεί η υψηλή συσχέτιση των τιμών των YA_{πρ}, παρότι έχουν υπολογισθεί χρησιμοποιώντας τις τιμές της ΕΔ_δ, για τις οποίες το ποσοστό συσχέτισης ήταν χαμηλότερο (περίπου 55%). Αυτό, οφείλεται στη συμμετοχή και των τιμών της ωφέλιμης βροχόπτωσης στον αλγόριθμο υπολογισμού της πράσινης συνιστώσας του YA. Αναλύοντας την παραπάνω παρατήρηση, αναφέρεται πως για τον τελικό υπολογισμό του YA_{πρ}, υπολογίζονται οι τιμές της δυνητικής ΕΔ και της ωφέλιμης βροχόπτωσης, από τις οποίες επιλέγεται για κάθε μήνα η ελάχιστη τιμή και εν συνεχεία αυτή αθροίζεται με τις υπόλοιπες για τον υπολογισμό της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης πράσινου νερού (CWU_g). Τελικά, η συνολική κατανάλωση διαιρείται με την απόδοση της χρήσης γης και προσδιορίζεται το πράσινο YA. Πραγματοποιώντας μία ενδεικτική έρευνα στους υπολογισμούς των YA_{πρ}, πράγματι παρατηρείται ότι οι τιμές της ωφέλιμης βροχόπτωσης χρησιμοποιούνται αρκετά συχνά και σε κάποιες περιπτώσεις πολύ συχνότερα από ότι αυτές της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής. Αυτό έχει ως άμεση συνέπεια οι συσχετίσεις των υπολογισθέντων YA_{πρ}, εν τέλει να επηρεάζονται περισσότερο από τις τιμές της ωφέλιμης βροχόπτωσης από ότι από αυτές της ΕΔ_δ, δικαιολογώντας έτσι τις υψηλές συσχετίσεις των τιμών του YA_{πρ}, έναντι των χαμηλότερων συσχετίσεων της ΕΔ_δ.



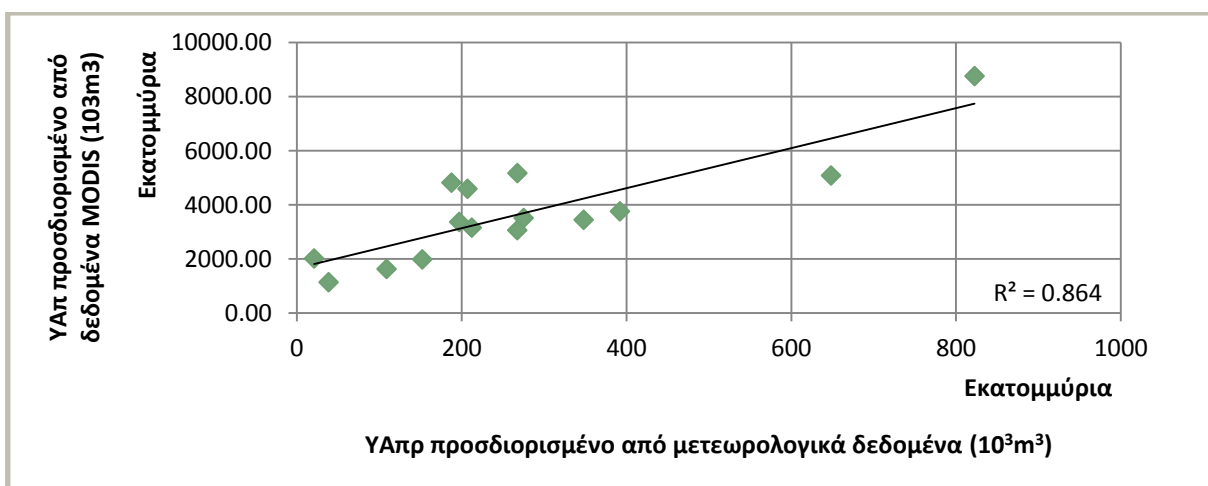
Διάγραμμα 4.12 – Συσχέτιση YA_{πρ} διαχρονικά για τα έτη 2010 – 2013

Πραγματοποιώντας εν συνεχεία έναν ακόμη έλεγχο ευαισθησίας μεταξύ της συσχέτισης των ΕΔ_δ και των ΥΑ_{πρ}, απομακρύνθηκαν οι τιμές των ΥΑ_{πρ} των δήμων Αιγιαλείας, Ήλιδας, Σικυωνίων και Σπάρτης δεδομένου ότι επηρέαζαν δυσμενώς τις τιμές της ΕΔ_δ (Διάγραμμα 4.13). Ωστόσο, απεδείχθη ότι οι τιμές του ΥΑ_{πρ} δεν συσχετίζονται καλύτερα με την αφαίρεση των απομακρυσμένων τιμών που εντοπίστηκαν στις συσχετίσεις της ΕΔ_δ προφανώς εξαιτίας του συμπεράσματος ως προς τη συμμετοχή της ωφέλιμης βροχόπτωσης στον τελικό προσδιορισμό της πράσινης συνιστώσας του ΥΑ (Διαγράμματα 4.14, 4.15, 4.16 και 4.17).

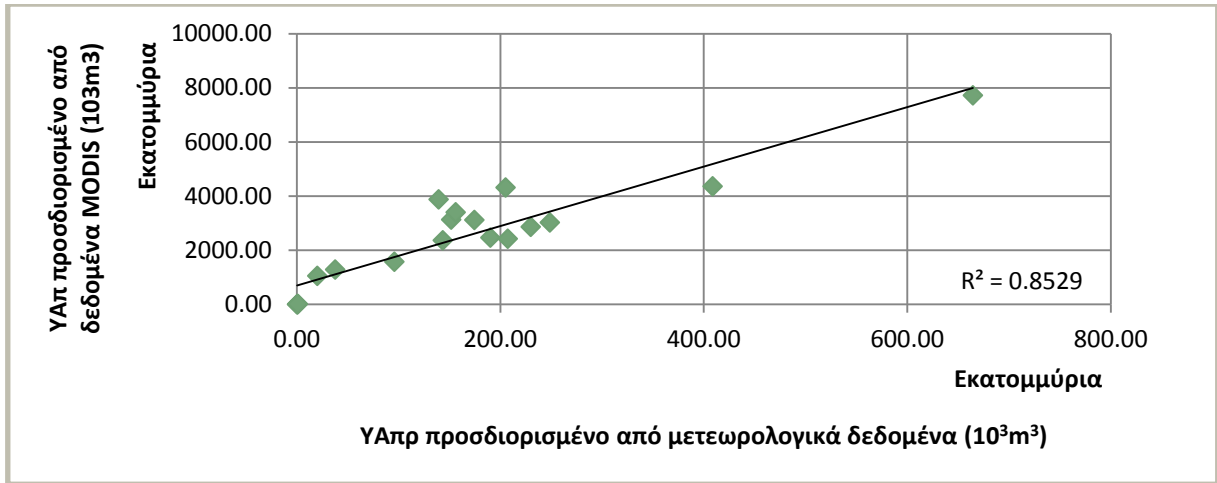


Διάγραμμα 4.13 – Συσχέτιση ΥΑ_{πρ} διαχρονικά για τα έτη 2010 – 2013 χωρίς τους προβληματικούς δήμους

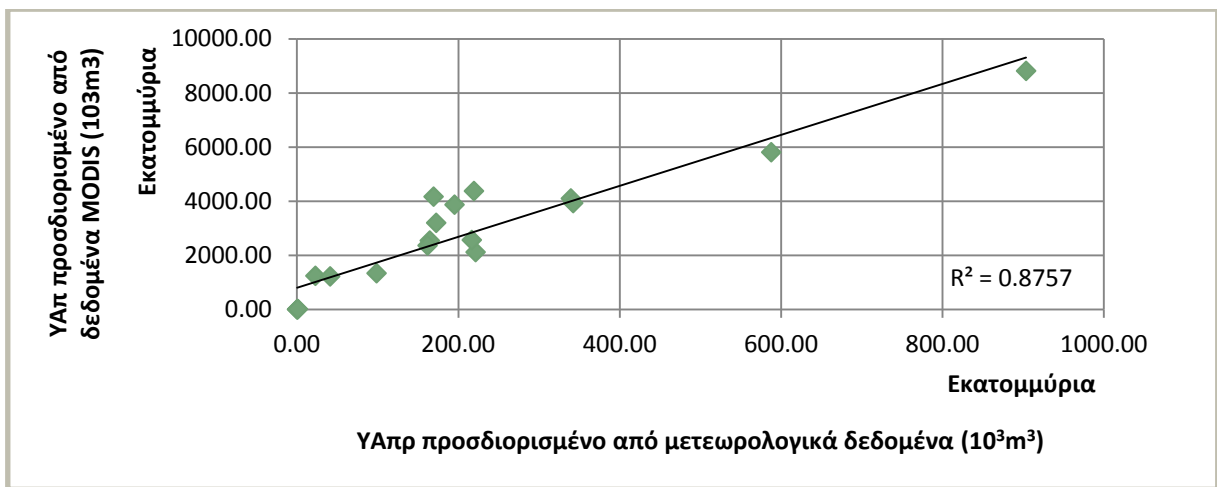
Στοχεύοντας και πάλι στην καλύτερη ερμηνεία των συσχετίσεων, τα δεδομένα ΥΑ_{πρ} εξετάστηκαν σε ετήσια βάση:



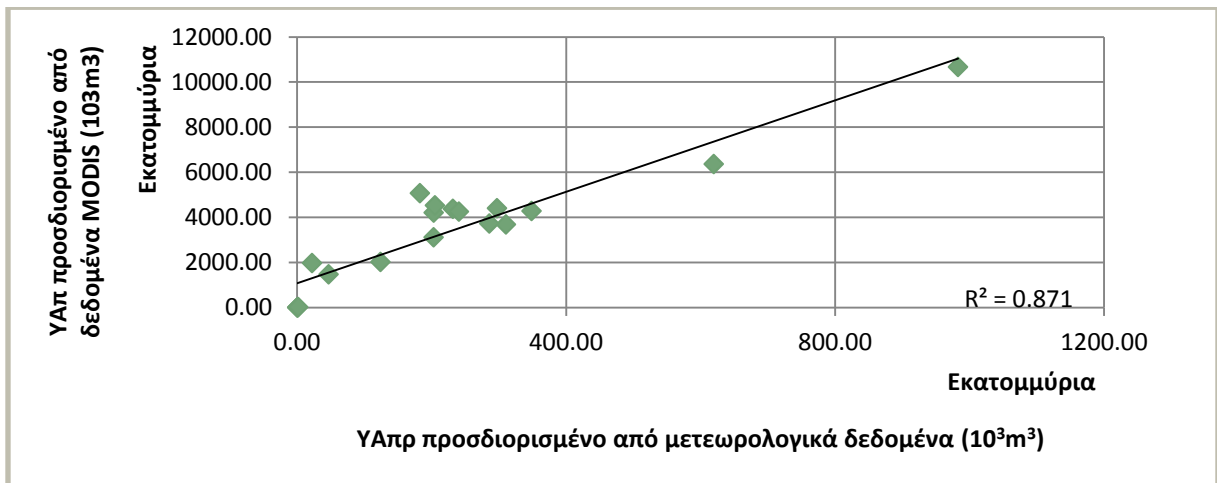
Διάγραμμα 4.14 – Συσχέτιση ΥΑ_{πρ} για το έτος 2010



Διάγραμμα 4.15 – Συσχέτιση YΑ_{πρ} για το έτος 2011



Διάγραμμα 4.16 – Συσχέτιση YΑ_{πρ} για το έτος 2012



Διάγραμμα 4.17 – Συσχέτιση YΑ_{πρ} για το έτος 2013

Κεφάλαιο 5 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 Γενικά συμπεράσματα

Σύμφωνα με την καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης στον Ελλαδικό χώρο και ειδικά στο Υδατικό Διαμέρισμα της Δυτικής Πελοποννήσου (ΥΔ01), οι υδατικές πιέσεις που προέρχονται κυρίως από τη γεωργική, τη βιομηχανική και την αστική χρήση, εξακολουθούν να υπάρχουν παρά τη διαμόρφωση του σχετικού θεσμικού πλαισίου, έχοντας μάλιστα αυξητικές τάσεις. Αναλυτικότερα, η τροχοπέδη της ανομοιόμορφης κατανομής των υδάτινων πόρων χρονικά και χωρικά, εντείνεται από την έλλειψη αποτελεσματικών πολιτικών και δομών διαχείρισης στη χώρα. Συνέπεια αυτού του χαρακτηριστικού αποτελεί η αναντιστοιχία της διοικητικής διάρθρωσης της χώρας με την δομή των υδατικών συστημάτων, η οποία συνδυάζεται με την ποικιλία της γεωμορφολογίας και των κλιματικών συνθηκών. Επιπλέον, η αντιμετώπιση των υπεύθυνων φορέων για την προστασία και διαχείριση των υδάτων εξακολουθεί να είναι πλημμελής και μη συντονισμένη.

Συνεπώς, η κοινωνική ευαισθητοποίηση και η εναρμόνιση των πολιτικών διαχείρισης των υδάτων αποτελούν για τη χώρα στρατηγικές επιδιώξεις πρώτης προτεραιότητας, οι οποίες όμως έχουν χαρακτήρα πολυσύνθετο, δεδομένων των εθνικών ιδιομορφιών και των αντιτιθέμενων συμφερόντων και προτεραιοτήτων. Για αυτό το λόγο ο σχεδιασμός τέτοιων παρεμβάσεων, θα πρέπει να βασίζεται στη χρήση εύχρηστων και δομημένων εργαλείων ανάλυσης και σύνθεσης των καταγεγραμμένων κλιματολογικών και υδρολογικών πληροφοριών, τα οποία εφαρμόζονται σε επίπεδο υδατικών συστημάτων. Προσεγγίζοντας κατά αυτόν τον τρόπο το πρόβλημα της ποσοτικής έλλειψης και ποιοτικής υποβάθμισης του νερού, μπορούν να διαμορφωθούν εναλλακτικά σενάρια ανάπτυξης, τα οποία δύνανται να επικαιροποιούνται, να ελέγχονται και να επαναπροσδιορίζονται ανά πάσα στιγμή.

Ένα τέτοιο εργαλείο αποτίμησης της ζήτησης και της προσφοράς των υδάτων, αποτελεί ο δείκτης του Υδατικού Αποτυπώματος (ΥΑ), ο οποίος προσδιορίζει ικανοποιητικά τις υδατικές ανάγκες για την άρδευση, την ύδρευση και την αφομοίωση των ρύπων στο περιβάλλον. Στην εν λόγω εργασία, στόχος ήταν η σύγκριση της χρήσης μετεωρολογικών δεδομένων έναντι των τηλεπισκοπικών για τον προσδιορισμό της $ΕΔ_{\delta}$ και του $ΥΑ_{\text{πρ}}$. Συγκεκριμένα, εφαρμόστηκαν εμπειρικές μέθοδοι για τον προσδιορισμό της $ΕΔ_{\delta}$ και εν συνεχεία υπολογίστηκε μόνο η πράσινη συνιστώσα του ΥΑ -αφού μόνο αυτή είναι δυνατόν να εντοπιστεί στις δορυφορικές καταγραφές- για τις χρήσεις γης: καλλιεργειών, βοσκοτόπων και δασικών εκτάσεων της περιοχής μελέτης (ΥΔ01).

5.2 Σύγκριση Μεθοδολογικών Προσεγγίσεων

Συγκρίνοντας τις δύο προσεγγίσεις για τον προσδιορισμό της δυνητικής ΕΔ, το βασικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι τα μετεωρολογικά δεδομένα είναι συχνά ελλιπή και κοστίζουν, σε αντίθεση με τα δορυφορικά που είναι εύκολα και άμεσα προσβάσιμα, χωρίς ιδιαίτερο κόστος. Ωστόσο, η εκτίμηση της ΕΔ φαίνεται να είναι πιο αποτελεσματική όταν αυτά τα δύο είδη δεδομένων χρησιμοποιούνται συνδυαστικά.

Πιο αναλυτικά, η εγκατάσταση και συντήρηση ενός δικτύου μετεωρολογικών σταθμών, καθώς και η προσθήκη νέων σταθμών, κοστίζει με αποτέλεσμα οι διαθέσιμοι και λειτουργικοί μετεωρολογικοί σταθμοί συνήθως να είναι περιορισμένοι και να αδυνατούν να αποδώσουν αντιπροσωπευτικό δείγμα επίγειων μετρήσεων για τον ακριβή προσδιορισμό των διαχρονικών μεταβολών της ΕΔ στο χώρο. Βασικό χαρακτηριστικό της μικρής πυκνότητας των δικτύων μετεωρολογικών σταθμών αποτελεί ακόμη ότι οι σταθμοί συχνότερα εγκαθίστανται κοντά σε καλλιεργούμενες περιοχές, με αποτέλεσμα το δείγμα να μην είναι αντιπροσωπευτικό και πολλές περιοχές να μένουν ακάλυπτες.

Επιπλέον, οι μετεωρολογικοί σταθμοί καταγράφουν τα κλιματικά δεδομένα σημειακά, ενώ στην πράξη χρειάζονται δεδομένα για ευρύτερες περιοχές (πχ. λεκάνη απορροής). Επιβάλλεται λοιπόν, η αναγωγή των δεδομένων στις επιφάνειες ενδιαφέροντος, διαδικασία που εμπεριέχει παρεμβολές και προσομοιώσεις, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο την ακρίβεια των τελικών δεδομένων. Επιπροσθέτως, οι σημειακές μετρήσεις για τον υπολογισμό της ΕΔ, λαμβάνονται σε εκτάσεις μικρής κλίμακας, με αποτέλεσμα τα χρησιμοποιούμενα μοντέλα να μην μπορούν να εφαρμοσθούν αποτελεσματικά σε μεγαλύτερες περιοχές, κυρίως εξαιτίας της μεταβλητότητας των φαινομένων και της γεωμορφολογίας, της εναλλαγής των χρήσεων και της διαφοροποίησης των κλιματικών συνθηκών. Τέλος, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η χρήση μοντέλων απαιτεί την λήψη κάποιων παραδοχών, όπως για παράδειγμα στα εμπειρικά μοντέλα Hargreaves και Blaney-Criddle στα οποία χρησιμοποιούνται μόνο θερμοκρασιακά δεδομένα.

Με βάση τα παραπάνω, είναι αναγκαία η εύρεση εναλλακτικών μεθόδων προσδιορισμού της ΕΔ, όπως είναι η χρήση ψηφιακής τηλεπισκόπησης η οποία παρέχει εύκολη πρόσβαση σε συνεχή χρονικά και χωρικά δεδομένα βιοφυσικών μεταβλητών. Συγκεκριμένα, η ψηφιακή τηλεπισκόπηση έχει αναγνωρισθεί ως κατάλληλη προσέγγιση για μεγάλης κλίμακας εφαρμογές επειδή έχει τη δυνατότητα να αποδώσει αντιπροσωπευτικά παραμέτρους, όπως είναι η επιφανειακή θερμοκρασία και η αντανάκλαση της βλάστησης.

Σε επίπεδο υδατικού διαμερίσματος, η χρήση δορυφορικών δεδομένων για τον προσδιορισμό της ΕΔ χαρακτηρίζεται εν γένει από αξιοπιστία και ταχύτητα. Ειδικότερα, αυτή η μεθοδολογική προσέγγιση δεν απαιτεί συλλογή και επεξεργασία δεδομένων σε αντίθεση με τις εμπειρικές μεθόδους. Επιπλέον, δεν χρειάζεται να υπάρχει πρόσβαση ούτε επί τόπου μετρήσεις στην περιοχή μελέτης, ενώ παράλληλα τα δορυφορικά δεδομένα είναι ανά πάσα στιγμή διαθέσιμα, χωρίς περιορισμούς και οικονομική επιβάρυνση. Ένα ακόμη πλεονέκτημα της ψηφιακής τηλεπισκόπησης είναι η δυνατότητα εξαγωγής των αποτελεσμάτων σε πραγματικό χρόνο, αλλά και η άμεση επικαιροποίηση τους. Ακόμη, βάσει ερευνών έχει αποδειχθεί πως οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται από τα εμπειρικά μοντέλα, αν και φέρουν ικανοποιητικά αποτελέσματα δεν παύουν να διατηρούν τα σφάλματα που αναπόφευκτα έχει μία εμπειρική προσέγγιση. Αντίθετα, τα δορυφορικά μοντέλα, τα οποία βασίζονται στην εξίσωση Penman – Monteith, θεωρούνται περισσότερο ακριβή. Επισημαίνεται ακόμη, πως ειδικά τα δεδομένα του MODIS αξιολογούνται ως προς την ακρίβειά τους, με βαθμονομήσεις από επίγειους σταθμούς, διαδικασία η οποία μπορεί να επιφέρει σφάλματα στα τελικά προϊόντα. Τέλος, μειονέκτημα των δορυφορικών δεδομένων αποτελεί η περιορισμένη διαθεσιμότητα σε διαχρονικά δεδομένα, όπως στην περίπτωση του δορυφόρου MODIS, ο οποίος διαθέτει δεδομένα από το έτος 2000 και μετά.

5.2.1 Συμπεράσματα συγκριτικής ανάλυσης αποτελεσμάτων

Από την συγκριτική ανάλυση των υπολογισθέντων τιμών ΕΔ_δ αναδείχθηκαν τα εξής:

1. Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των διαχρονικών δεδομένων δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (ΕΔ_δ) που προκύπτουν από την επεξεργασία μετεωρολογικών δεδομένων και των δορυφορικών δεδομένων ΕΔ_δ, η οποία ερμηνεύεται με λογαριθμικές συναρτήσεις. Η συσχέτιση αυτή είναι αρχικά μέτρια (55%), ενώ έπειτα από τη διερεύνηση και την αφαίρεση των εμφανιζόμενων ακραίων τιμών, το εναπομένον πλήθος των παρατηρήσεων δίνει ισχυρές συσχετίσεις της τάξης του 80%. Η αφαίρεση παρατηρήσεων αφορά στις περιοχές αμελητέας έκτασης οι οποίες προέκυψαν εξαιτίας της αναντιστοιχίας των διοικητικών και των υδατικών ορίων. Αναφέρεται πως οι εν λόγω ακραίες τιμές εντοπίστηκαν, πραγματοποιώντας ανάλυση των αποτελεσμάτων για κάθε έτος ξεχωριστά.
2. Βάσει της ανάλυσης των απομακρυσμένων τιμών προκύπτει ότι αυτές δεν περιγράφονται με κάποιο μοντέλο, συνεπώς δεν συσχετίζονται μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, αυτές αφορούν είτε δήμους οι οποίοι συμμετέχουν σε πολύ μικρό ποσοστό στη συνολική έκταση της περιοχής μελέτης, είτε σε δήμους που παρουσιάζουν πλήθος χρήσεων γης σε

περιορισμένη έκταση γης, είτε ακόμη σε περιοχές όπου δεν συμφωνούν τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην μετεωρολογική προσέγγιση με τα δορυφορικά δεδομένα.

3. Τέλος, η αναφορά των ακραίων τιμών στους θερινούς μήνες ίσως σχετίζεται με τον τρόπο εκτίμησης της $ΕΔ_{\delta}$, η οποία στην περίπτωση περιορισμένης παροχής νερού λαμβάνει τιμές μεγαλύτερες από την πραγματική $ΕΔ$.

Αντίστοιχα, η συγκριτική ανάλυση της πράσινης συνιστώσας του υδατικού αποτυπώματος ($YA_{\pi\rho}$) ανέδειξε τα εξής:

1. Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των διαχρονικών δεδομένων του πράσινου YA η οποία ερμηνεύεται με γραμμικές συναρτήσεις και είναι εξαρχής ισχυρή (84%).
2. Η υψηλή συσχέτιση των τιμών $YA_{\pi\rho}$, σε αντίθεση με τις χαμηλές συσχετίσεις των τιμών της $ΕΔ_{\delta}$, κατά πάσα πιθανότητα οφείλεται στη συμμετοχή των τιμών της ωφέλιμης βροχόπτωσης στον αλγόριθμο υπολογισμού της πράσινης συνιστώσας του YA . Αυτό, συνεπάγεται ότι αφαιρώντας τις τιμές των $YA_{\pi\rho}$, που σχετίζονται με τους δήμους Αιγιαλείας, Ήλιδας, Σικυωνίων και Σπάρτης, οι οποίοι επηρέαζαν δυσμενώς τη συσχέτιση της $ΕΔ_{\delta}$, οι συσχετίσεις των $YA_{\pi\rho}$ υποβαθμίζονται.

Εξετάζοντας τα παραπάνω αποτελέσματα και ολοκληρώνοντας τη συγκριτική τους ανάλυση προκύπτει πως το $YA_{\pi\rho}$, καθορίζεται από τις ελάχιστες τιμές μεταξύ της μηνιαίας ωφέλιμης βροχόπτωσης και της μηνιαίας δυνητικής $ΕΔ$. Ισχύει πως για τους περισσότερους μήνες των ετών που εξετάστηκαν, στις εν λόγω περιοχές και χρήσεις γης, χρησιμοποιήθηκε η ωφέλιμη βροχόπτωση. Συνεπώς, συμπεραίνεται πως ο προσδιορισμός του $YA_{\pi\rho}$, βασίζεται κατά κύριο λόγο στην εν λόγω μεταβλητή, καθορίζεται όμως απαραίτητα και από τις τιμές $ΕΔ_{\delta}$, στις περιπτώσεις περιορισμένης ή μηδενικής βροχόπτωσης.

Εν τέλει, συνδυάζοντας τα δορυφορικά δεδομένα MODIS με τα αντίστοιχα μετεωρολογικά, δύναται να προβλεφθούν νέες τιμές $ΕΔ_{\delta}$ και $YA_{\pi\rho}$, με βάση τις χρονοσειρές των αρχικών δεδομένων, εφαρμόζοντας τις σχέσεις:

$$ΕΔ_{\delta_MODIS} = 660.14 \ln(ΕΔ_{\delta_ΜΣ}) - 3681.8 \quad (5.1)$$

$$YA_{\pi\rho_MODIS} = 9.7886 (YA_{\pi\rho_ΜΣ}) + 9E+08 \quad (5.2)$$

Από τις παραπάνω παρατηρήσεις, είναι σαφές ότι η εκτίμηση του ΥΑ δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί ακόμη εξ ολοκλήρου με δορυφορικά δεδομένα, αφού διαπιστώνονται αδυναμίες στη συσχέτιση των μετεωρολογικών και των δορυφορικών δεδομένων.

5.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Μελετώντας τις προαναφερθείσες μεθοδολογικές προσεγγίσεις και αναλύοντάς τις συγκριτικά μεταξύ τους, προέκυψαν διάφοροι προβληματισμοί και ιδέες, βάσει των οποίων παρατίθενται κάποιες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα:

- ✓ Εφαρμογή των μεθοδολογικών προσεγγίσεων που αναπτύχθηκαν στην παρούσα εργασία, χωρίς όμως να ληφθούν υπόψη μία ή περισσότερες παραδοχές. Τέτοιου είδους προσεγγίσεις αποτελούν η εφαρμογή εμπειρικών μεθόδων, με απόλυτα επικαιροποιημένα και περισσότερο αντιπροσωπευτικά δεδομένα (εκτάσεων, αποδόσεων χρήσεων γης, μετεωρολογικά δεδομένα) ή ακόμη ο επακριβής προσδιορισμός του συνολικά απαιτούμενου όγκου νερό χωρίς την παραδοχή ότι αυτός ισούται με την ΕΔ.
- ✓ Η εφαρμογή του μοντέλου σε μικρότερη κλίμακα, με υλοποίηση ταξινομήσεων των τηλεπισκοπικών δεδομένων, ώστε να ανιχνευθούν τηλεπισκοπικά οι χρήσεις γης και να ελεγχθεί η αντιστοιχία τους με την πραγματικότητα. Σε μία τέτοια διαδικασία θα μπορούσε επίσης να ενταχθεί και η χρήση δορυφορικών δεδομένων μεγαλύτερης ανάλυσης (από άλλο δορυφόρο).
- ✓ Η περαιτέρω μελέτη των αποτελεσμάτων της συγκριτικής ανάλυσης, με στόχο την ερμηνεία της εμφάνισης και διασποράς των ακραίων τιμών στη διερεύνηση της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, αλλά και την περαιτέρω διερεύνηση των τιμών της πράσινης συνιστώσας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

Αργιαλάς, Δ. (1998). *Ψηφιακή Τηλεπισκόπηση*. Εκδ. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Αργιαλάς, Δ. (1999). *Φωτοερμηνεία – Τηλεπισκόπηση*. Εκδ. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Δημητρόπουλος, Π. (2013). *Υπολογισμός Υδατικού Αποτυπώματος Καλλιεργειών με Χρήση Ψηφιακής Τηλεπισκόπησης*. Διπλωματική Εργασία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Ειδική Γραμματεία Υδάτων (2013). *Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Πελοποννήσου (ΥΔ01)*. Υ.Π.Ε.Κ.Α.

Κοντοπίδης, Β. (2003). *Υδατικές ανάγκες στη νησιωτική Ελλάδα, Η περίπτωση της Νάξου*. Πρακτικά του Β' Πανελληνίου Συνεδρίου με θέμα «Η Νάξος δια μέσου των αιώνων», Χαλκί 4 – 7 Σεπτεμβρίου 1997

Μαρίνη, Ε. (2014). *Ανάπτυξη Μεθοδολογίας Εκτίμησης του Υδατικού Αποτυπώματος με Χρήση Τεχνολογιών GIS – Εφαρμογή στο Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Πελοποννήσου (ΥΔ01)*. Διπλωματική Εργασία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Μιμίκου, Μ. & Μπαλτάς, Ε. (2003). *Τεχνική Υδρολογία*. Εκδ. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, σσ.297

Οδηγία 2000/60/ΕΚ. *Θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων*. Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων

Σταθάτου, Π. (2011). *Ανάπτυξη γεωργικής – αρδευτικής πολιτικής με τη χρήση του Υδατικού Αποτυπώματος - Εφαρμογή στην πεδιάδα Μεσσαρά Κρήτης*. Διπλωματική Εργασία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Στάμου, Ι. (2010). *Το υδατικό αποτύπωμα, πόσο νερό μας «κοστίζει» το εθνικό μας έδεσμα και η ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων*. Τεχνικά Χρονικά, Τεύχος 4, σσ.25 - 28

Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας. *Συμπλήρωση της ταξινόμησης ποσοτικών και ποιοτικών παραμέτρων των υδατικών πόρων στα υδατικά διαμερίσματα της χώρας*.

Τσακίρης, Γ. (1995). *Υδατικοί Πόροι: Ι. Τεχνική Υδρολογία*. Εκδ. Συμμετρία, σσ.675

Τσακίρης, Γ. (2004). *Ανάγκες σε αρδευτικό νερό*. Εκδ. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Allan, J.A. (1993). *Virtual water eliminates water wars - A case study from the Middle East*. Virtual water trade - Value of Water, Research Series No.12, pp.137 - 145

Allen, R., Pereira, L., Raes, D. & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, pp.56

Blaney, H.F. & Criddle, W.D. (1950). *Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data*. USDA – SCS, TP-96, pp.48

Chapagain, A. & Hoekstra, A. (2007). *Water Footprints of Nations*. Value of Water, Research Report Series No.16. UNESCO-IHE. Delft. The Netherlands

Doorenbos, J. & Pruitt, W.O. (1977). *Guidelines for predicting crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper (FAO), no.24, pp.175

Draper, N. & Smith, H. (1981). *Applied Regression Analysis*. Εκδ. Wiley, pp. 835 (**Μετάφραση – Επιμέλεια: Χατζηκωνσταντινίδης, Ε. & Καλαματιανού, Α. (1997).** *Εφαρμοσμένη Ανάλυση Παλινδρόμησης*, Εκδ. Παπαζήση)

Gheewala, S.H., Silalertruksa, T., Nilsalab, P., Mungkung, R., Perret, S.R. & Chaiyawannakarnet, N. (2014). *Water Footprint and Impact of Water Consumption for Food - Feed, Fuel Crops Production in Thailand*. Water, vol.6, issue 6, pp. 1698 - 1718

Hargreaves, G. H. (1974). *Estimation of Potential and Crop Evapotranspiration*. Trans. ASAE 17, pp. 701 -704

Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M., & Mekonnen, M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual - Setting the Global Standard*. Earthscan, pp.224

Justice, C.O., Townshend, J.R.G., Vermote, E.F., Masuok, E., Wolfe, R.E., Saleous, N., Roy, D.P. & Morisette, J.T. (2002). *An overview of MODIS Land data processing and product status.* Remote Sensing of Environment, vol.83, pp.3-15

Lyapustina, A.I., Wanga, Y., Laszloc, I., Hilkerd, T., Halla, F.G., Sellersa, P.J., Tuckera, C.J. & Korkina, S.V. (2012). Multi-angle implementation of atmospheric correction for MODIS (MAIAC): 3. Atmospheric correction. Remote Sensing of Environment, vol.127, pp.385-393

Maeda, E., Wiberg, D., Pellikka, P. (2011). *Estimating reference evapotranspiration using remote sensing and empirical models in a region with limited ground data availability in Kenya,* Applied Geography 31, pp 251 -258

Mekonnen, M. & Hoekstra, A. (2010). *The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products.* Value of Water, Research Report Series. No.48, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands

Mekonnen, M. & Hoekstra, A. (2011). *National Water Footprint Accounts: The Green, Blue and Grey Water Footprint of Production and Consumption.* Value of Water, Research Report Series No. 50. UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands

Monteith, J. L. (1965). *Evaporation and environment. The State and Movement of Water in Living Organism.* Symposium of the society of experimental biology, 19. Cambridge University Press. Cambridge, pp.205–234

Mu, Q., Zhao, M. & Running, S.W. (2011). *Improvements to a MODIS Global Terrestrial Evapotranspiration Algorithm.* Remote Sensing of Environment, vol.115, pp.1781-1800

Oikonomidis, D., Dimogianni, S., Kazakis, N. & Voudouris, K. (2015). *A GIS/Remote Sensing-based methodology for groundwater potentiality assessment in Tirnavos area, Greece.* Journal of Hydrology, vol.525, pp.197-208

Romaguera, M., Hoekstra, A.Y., Zhongbo, S., Krol, M.S. & Mhd. Suhyb Salama (2010). *Potential of Using Remote Sensing Techniques for Global Assessment of Water Footprint of Crops.* Remote Sensing, Vol.2, pp. 1177 -1196

Thorntwaite, C.W. (1948), *An Approach toward a Rational Classification of Climate*, Geographical Review, vol.38, no.1, pp.55-94

Wackernage, M. & Rees, W.E. (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers, pp. 176

Xia, J., Liang, S., Chen, J., Yuan, W., Liu, S., Li, L., Cai, W., Zhang, L., Fu, Y., Zhao, T., Feng, J., Ma, Z., Ma, M., Liu, S., Zhou, G., Asanuma, J., Chen S., Du, M., Davaa, G., Kato, T., Liu, S., Li, S., Shao, C., Tang, Y., Zhao, X. (2013). *Satellite – Based Analysis of Evapotranspiration and Water Balance in the Grassland Ecosystems of Dryland East Asia*. PLoS ONE, vol. 9, issue 5

Διαδικτυακή Βιβλιογραφία

Δημόσια Δεδομένα, Ανοικτά Δεδομένα (geodata.gov.gr), τελευταία ανάκτηση 11/08/2015

Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.), 2015

Μετεωρολογικά Δεδομένα από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (meteo.gr), τελευταία ανάκτηση 19/09/2015

ΥΠΑΠΕΝ - Ειδική Γραμματεία Υδάτων (wfd.ypeka.gr), τελευταία ανάκτηση 20/09/2015

Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ypeka.gr), τελευταία ανάκτηση 13/07/2015

Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής - Δικτυακός Τόπος Διαβουλεύσεων (opengov.gr), τελευταία ανάκτηση 26/09/2015

Food and Agricultural Organization of the United Nations (fao.org), τελευταία ανάκτηση 22/07/2015

MODIS Global Evapotranspiration Project (MOD16) (ntsug.umd.edu/project/mod16), τελευταία ανάκτηση 28/07/2015

NASA – MODIS, Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (modis.gsfc.nasa.gov), τελευταία ανάκτηση 12/08/2015

NASA – TERRA, The EOS Flagship (terra.nasa.gov), τελευταία ανάκτηση 30/08/2015

Natural Resources Canada - Fundamentals of Remote Sensing (nrcan.gc.ca), τελευταία ανάκτηση 12/07/2015

Science Education through Earth Observation for High Schools (SEOS) Project - Τηλεπισκόπηση και GIS στη γεωργία (seos-project.eu), τελευταία ανάκτηση 03/09/2015

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Παράρτημα Πινάκων

Σταθμός	χ	γ	Υψόμετρο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	Έτος
Αμαλιάδα	264642	4186988	26.00	89.20	74.00	30.80	11.60	24.60	13.00	1.00	0.40	36.80	167.40	86.60	33.80	569.20
Ανδρίτσαινα	314338	4150269	731.00	238.60	251.80	86.20	16.20	36.40	41.20	44.80	0.00	38.40	182.60	94.20	107.20	1137.60
Βαρθολομιά	253935	4194220	11.00	101.90	64.80	28.40	4.80	37.80	5.40	0.00	0.20	42.40	364.20	99.00	54.20	803.10
Ελάτη Αρκαδίας	336422	4165756	1207.00	242.00	224.80	93.60	21.20	43.20	59.20	56.40	0.40	53.00	148.80	129.60	115.80	1188.00
Ζαχάρω	290340	4150831	5.00	99.80	77.40	36.40	8.40	36.40	4.20	0.00	0.00	65.00	128.20	100.60	128.20	684.60
Ισθμός Κορίνθου	408650	4200494	6.00	40.80	36.80	32.80	0.40	13.20	6.80	6.80	0.00	54.60	102.00	6.80	21.60	322.60
Κάβο Μαλέας	418942	4036054	161.00	133.40	32.00	12.60	0.00	15.00	24.40	0.00	0.00	6.60	218.10	53.20	109.80	605.10
Κατάκολο Ηλείας	263135	4169384	2.00	136.30	76.80	24.40	3.20	36.60	6.20	0.20	0.00	39.20	162.40	81.60	43.20	610.10
Κάτω Αχαΐα	285350	4224535	34.00	109.00	62.20	38.60	4.40	38.80	4.00	0.00	0.00	23.00	234.00	47.80	56.80	618.60
Λάππα Αχαΐας	273644	4219643	15.00	76.60	55.00	54.20	3.00	44.20	12.80	0.00	1.00	17.40	97.80	120.40	18.80	501.20
Μεγαλόπολη	335363	4140781	432.00	93.60	93.20	57.40	2.60	39.00	60.40	89.20	0.00	34.00	95.20	54.00	62.60	681.20
Μολάοι Λακωνίας	397984	4072957	128.00	92.80	69.80	21.80	6.00	27.00	3.80	0.00	0.00	85.60	120.80	46.00	120.80	594.40
Μονεμβάσια	414512	4060346	4.00	68.80	9.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	8.80	176.00	66.80	66.10	397.10
Οβριά Αχαΐας	300951	4228835	65.00	118.80	102.60	52.40	4.20	29.60	4.00	0.00	0.00	52.40	187.60	87.60	71.00	710.20
Ολυμπία	290267	4168486	45.00	149.30	89.40	49.60	8.20	37.40	6.00	0.00	0.20	43.20	250.00	159.20	78.40	870.90
Παραλία Αχαΐας	298026	4229640	3.00	305.40	369.80	214.60	63.00	28.40	1.60	0.00	0.00	36.80	211.60	97.00	71.40	1399.60
Πάτρα	301697	4236693	6.00	70.00	121.60	44.60	3.60	26.80	7.60	0.00	0.00	28.40	194.40	81.20	57.00	635.20
Ρίο Αχαΐας	305897	4242177	2.00	136.00	114.50	45.80	3.60	29.00	11.60	0.20	0.00	13.40	141.20	94.00	48.80	638.10
Σαγγαίικα Αχαΐας	277988	4220236	26.00	0.00	0.00	38.80	0.80	2.80	13.40	0.20	0.40	14.00	230.40	69.80	49.20	419.80
Σπάρτη	360817	4101613	204.00	99.40	115.80	35.40	5.40	13.40	49.60	21.60	0.00	15.80	74.30	38.00	33.80	502.50
Φολόη Ηλείας	299818	4176653	600.00	164.40	123.00	68.00	36.40	53.20	10.80	1.60	0.40	91.40	262.00	197.20	72.00	1080.40
Ωλένη Ηλείας	282783	4177871	61.00	141.20	131.20	43.20	8.80	50.90	12.00	0.20	0.20	91.60	229.00	114.50	65.00	887.80

Πίνακας 1 – Μηνιαία βροχόπτωση 2010 (mm)

Σταθμός	χ	γ	Υψόμετρο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	Έτος
Αμαλιάδα	264642	4186988	26.00	122.70	70.20	56.60	40.60	9.60	3.20	0.20	24.00	25.00	162.80	1.20	229.80	745.90
Ανδρίτσαινα	314338	4150269	731.00	231.00	143.00	84.90	123.40	80.90	64.20	0.00	33.20	55.60	114.80	1.20	398.40	1330.60
Βαρθολομίο	253935	4194220	11.00	130.00	103.20	109.20	56.80	24.40	2.00	0.00	0.40	16.80	191.60	0.80	213.10	848.30
Ελάτη Αρκαδίας	336422	4165756	1207.00	201.00	121.20	121.00	91.80	93.60	21.60	3.00	33.40	35.60	125.30	1.40	296.60	1145.50
Ζαχάρω	290340	4150831	5.00	148.90	70.40	36.20	62.40	27.00	8.60	0.00	0.00	13.60	139.40	3.60	53.40	563.50
Ισθμός Κορίνθου	408650	4200494	6.00	44.00	83.60	82.00	49.00	8.00	9.00	0.00	1.00	10.40	61.20	0.00	47.80	396.00
Κάβο Μαλέας	418942	4036054	161.00	134.20	203.40	50.60	155.70	6.00	0.00	0.00	3.20	5.00	153.40	0.00	45.80	757.30
Κατάκολο Ηλείας	263135	4169384	2.00	129.00	92.20	44.80	49.00	8.20	0.40	0.00	0.00	25.60	183.60	4.60	159.60	697.00
Κάτω Αχαΐα	285350	4224535	34.00	93.00	51.20	70.00	46.60	33.60	0.20	0.00	0.00	9.60	162.80	0.00	103.80	570.80
Κρανίδι	425579	4136915	110.00	80.80	105.00	64.40	66.20	20.00	2.60	0.00	0.00	19.20	47.00	2.20	10.00	417.40
Λάππα Αχαΐας	273644	4219643	15.00	0.40	0.00	0.00	63.00	25.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	178.80	267.60
Μεγαλόπολη	335363	4140781	432.00	114.60	75.40	47.20	50.80	93.80	24.00	0.00	6.80	50.40	84.40	0.40	146.80	694.60
Μολάοι Λακωνίας	397984	4072957	128.00	120.40	111.80	25.20	56.80	31.20	0.20	0.00	0.00	2.40	44.40	0.00	83.80	476.20
Μονεμβασιά	414512	4060346	4.00	179.10	197.80	46.80	99.60	6.20	0.40	0.00	0.00	6.00	152.00	3.60	87.80	779.30
Νεμέα Κορινθίας	381197	4188981	290.00	56.60	134.40	113.40	74.60	31.80	5.80	0.00	0.20	8.80	67.60	4.60	42.60	540.40
Ολυμπία	290267	4168486	45.00	189.80	94.20	54.00	81.60	44.80	51.80	0.00	0.00	31.40	141.80	2.60	291.00	983.00
Παραλία Αχαΐας	298026	4229640	3.00	107.20	11.60	0.00	0.00	3.20	0.40	0.00	14.00	4.20	85.00	0.00	225.40	451.00
Πάτρα	301697	4236693	6.00	82.80	56.40	85.80	41.80	48.00	5.60	0.60	0.60	18.40	155.20	0.00	179.80	675.00
Ρίο Αχαΐας	305897	4242177	2.00	55.20	69.00	63.00	40.60	22.00	7.80	0.00	2.80	20.40	97.20	0.00	166.40	544.40
Σπάρτη	360817	4101613	204.00	123.80	121.60	52.80	141.40	58.80	15.00	0.00	1.40	35.80	79.60	1.60	87.00	718.80
Φολόη Ηλείας	299818	4176653	600.00	207.40	117.60	106.00	97.00	66.00	62.40	0.00	3.80	31.80	179.00	1.00	237.10	1109.10
Ωλένη Ηλείας	282783	4177871	61.00	155.60	105.20	88.20	71.00	33.20	21.00	0.00	2.60	10.80	149.60	3.60	128.40	769.20
Ωλενία	289374	4220285	34.00	84.40	47.60	88.00	43.80	32.20	0.60	0.00	0.00	24.40	187.40	0.20	165.60	674.20

Πίνακας 2 - Μηνιαία βροχόπτωση 2011 (mm)

Σταθμός	x	y	Υψόμετρο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	Έτος
Αμαλιάδα	264642	4186988	26.00	55.80	218.20	20.80	24.20	26.80	0.40	0.00	1.20	130.40	62.40	48.00	153.60	741.80
Ανδρίτσαινα	314338	4150269	731.00	242.00	315.40	36.20	129.20	26.80	4.60	0.00	5.80	118.80	60.40	101.80	305.20	1346.20
Βαρθολομιό	253935	4194220	11.00	58.60	279.40	34.30	43.00	33.80	0.40	0.00	1.60	125.40	61.10	79.70	237.40	954.70
Ελάτη Αρκαδίας	336422	4165756	1207.00	238.80	303.00	60.40	220.40	59.80	17.80	6.00	69.60	113.20	59.40	87.40	341.00	1576.80
Ζαχάρω	290340	4150831	5.00	84.50	240.00	20.00	76.00	40.40	0.40	0.00	0.40	35.40	31.60	44.00	195.40	768.10
Ισθμός Κορίνθου	408650	4200494	6.00	37.40	113.60	13.20	16.60	8.20	0.00	0.00	7.60	22.80	24.80	13.80	88.40	346.40
Κατάκολο Ηλείας	263135	4169384	2.00	45.20	260.20	20.60	42.00	10.80	0.00	0.00	0.20	67.40	49.20	50.80	140.80	687.20
Κάτω Αχαΐα	285350	4224535	34.00	60.40	148.60	26.20	52.40	66.60	0.00	0.00	46.20	85.40	71.00	71.80	187.60	816.20
Κρανίδι	425579	4136915	110.00	27.80	75.80	15.20	15.00	6.60	0.00	0.00	0.00	18.60	16.80	56.40	74.40	306.60
Λάππα	273644	4219643	15.00	70.60	211.60	46.40	66.80	62.80	0.00	0.00	17.00	127.20	114.40	108.60	251.80	1077.20
Μεγαλόπολη	335363	4140781	432.00	92.80	147.40	54.20	80.00	26.80	0.20	29.00	22.60	69.20	50.80	62.80	176.70	812.50
Μολάσι Λακωνίας	397984	4072957	128.00	47.20	111.80	19.20	17.00	3.00	0.00	0.00	1.20	18.80	20.60	68.40	69.20	376.40
Μονεμβασιά	414512	4060346	4.00	34.40	187.00	24.20	21.20	3.80	0.00	0.00	0.00	0.00	28.80	135.00	0.00	434.40
Νεμέα Κορινθίας	381197	4188981	290.00	32.50	141.40	22.60	26.80	18.60	0.20	2.80	14.40	42.80	40.00	48.20	108.00	498.30
Ολυμπία	290267	4168486	45.00	96.80	255.20	31.80	99.80	53.60	0.00	0.00	4.40	139.20	46.80	63.20	176.00	966.80
Παραλία Αχαΐας	298026	4229640	3.00	81.60	184.80	23.80	90.40	74.80	0.00	0.00	4.80	85.20	71.00	69.00	239.90	925.30
Πάτρα	301697	4236693	6.00	76.20	150.90	20.20	107.00	56.40	0.00	0.20	13.20	101.20	52.60	57.20	262.00	897.10
Ρίο Αχαΐας	305897	4242177	2.00	69.00	196.20	29.40	106.60	51.20	0.00	0.00	5.20	78.60	49.60	49.60	226.80	862.20
Σαγαΐικα	277988	4220236	26.00	51.60	161.40	31.80	62.70	50.20	0.00	0.00	8.80	77.40	81.00	80.40	0.00	605.30
Σπάρτη	360817	4101613	204.00	88.20	199.20	32.20	43.60	17.60	0.00	0.00	4.20	50.60	45.80	55.60	95.00	632.00
Στεμνίτσα	330377	4157967	1094.00	0.00	0.00	0.00	154.40	74.00	0.00	2.80	116.20	109.60	48.40	83.00	261.60	850.00
Τρίκαλα Κορινθίας	365493	4206835	1077.00	74.40	206.60	30.40	75.20	18.40	3.40	0.60	44.80	75.80	22.60	70.20	218.80	841.20
Φολόη Ηλείας	299818	4176653	600.00	133.20	249.80	41.80	116.80	80.00	0.00	0.20	28.60	141.40	70.80	91.60	268.20	1222.40
Ωλένη Ηλείας	282783	4177871	61.00	72.20	364.40	26.00	77.60	30.40	0.40	0.20	9.40	93.00	83.60	73.60	205.20	1036.00
Ωλενία	289374	4220285	34.00	68.80	153.20	24.20	77.60	50.80	0.00	0.60	11.40	116.00	66.40	36.10	119.60	724.70

Πίνακας 3 - Μηνιαία βροχόπτωση 2012 (mm)

Σταθμός	x	y	Υψόμετρο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	Έτος
Αλαγονία	343840	4107863	765.00	470.00	203.20	132.40	42.60	43.40	14.00	33.00	17.80	23.60	54.40	295.00	123.80	1453.20
Αμαλιάδα	264642	4186988	26.00	127.60	136.60	59.20	16.80	3.20	17.60	0.00	0.00	29.20	193.00	288.80	67.60	939.60
Ανδρίτσαινα	314338	4150269	731.00	393.90	223.80	195.20	73.00	73.60	48.00	34.60	39.80	26.00	98.00	430.80	132.00	1768.70
Αργος	386333	4165059	38.00	76.60	46.00	17.40	5.40	33.20	6.00	0.20	0.80	26.00	46.00	131.20	165.40	554.20
Βαρθολομιό	253935	4194220	11.00	109.20	156.80	73.80	15.60	4.60	3.40	0.40	0.20	10.00	128.30	285.00	91.40	878.70
Βυτίνα	339990	4170408	1013.00	313.00	173.00	141.80	34.80	29.80	13.40	35.80	6.80	36.80	151.40	270.40	104.60	1311.60
Δερβένι	362057	4221737	5.00	0.00	87.20	24.80	8.40	31.00	5.20	0.00	0.00	2.80	50.00	84.00	40.80	334.20
Ελάτη Αρκαδίας	336422	4165756	1207.00	308.40	184.00	149.20	47.60	36.80	18.00	92.20	58.00	44.60	138.60	308.60	125.20	1511.20
Ζαχάρω	290340	4150831	5.00	191.40	133.40	42.00	30.80	9.60	6.00	0.00	0.00	13.60	103.00	262.90	24.40	817.10
Ισθμός Κορίνθου	408650	4200494	6.00	43.40	42.40	7.80	2.80	3.60	1.20	0.00	0.00	1.40	28.20	143.60	78.60	353.00
Καβομαλιάς	418942	4036054	161.00	114.4	111.8	42.60	6.00	21.20	4.20	0.00	0.00	4.60	13.40	152.40	183.00	653.60
Καλάβρυτα	334349	4210127	781.00	0.00	258.80	130.80	31.00	28.80	3.40	0.00	0.00	2.00	111.00	213.20	79.60	858.60
Κατάκολο Ηλείας	263135	4169384	2.00	165.60	119.00	62.20	13.60	5.20	2.40	0.00	0.00	22.80	115.80	301.40	68.80	876.80
Κάτω Αχαΐα	285350	4224535	34.00	109.40	119.00	80.40	20.40	4.80	7.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	341.60
Κρανίδι	425579	4136915	110.00	73.60	57.60	61.20	2.20	9.40	7.80	0.20	1.20	8.40	26.00	153.80	71.80	473.20
Κυπαρισσία	291784	4123544	36.00	172.20	118.20	66.40	13.80	18.20	3.20	0.00	0.00	18.00	94.20	228.80	98.60	831.60
Λάππα	273644	4219643	15.00	183.40	140.20	96.00	25.00	9.00	5.60	0.20	0.00	25.60	129.30	305.90	64.40	984.60
Λυκόχια Αρκαδίας	337773	4151112	870.00	0.00	148.80	130.00	66.60	36.60	43.40	82.20	6.40	24.40	94.20	247.40	125.20	1005.20
Μεγαλόπολη	335363	4140781	432.00	219.80	142.20	106.40	36.40	15.80	15.60	22.20	8.80	42.00	25.20	301.00	137.80	1073.20
Μολάοι Λακωνίας	397984	4072957	128.00	101.80	95.60	41.00	6.60	9.20	2.40	7.20	0.00	4.20	17.60	140.80	115.20	541.60
Μονεμβασιά	414512	4060346	4.00	124.00	104.80	42.00	11.20	9.40	11.00	0.40	0.20	4.20	109.60	166.40	126.80	710.00
Νεμέα Κορινθίας	381197	4188981	290.00	86.60	89.60	42.40	10.80	20.00	6.20	0.00	0.00	0.00	21.80	167.80	187.40	632.60
Ολυμπία	290267	4168486	45.00	232.80	159.40	83.30	45.40	51.80	10.80	5.40	3.20	19.80	77.60	358.30	99.00	1146.80
Παναχαϊκό	313491	4235799	1588.00	0.00	0.00	0.00	82.60	67.20	26.80	0.00	3.60	21.40	28.20	365.40	83.60	678.80
Παραλία Αχαΐας	298026	4229640	3.00	156.20	129.80	100.20	30.80	11.00	7.20	0.00	0.00	0.00	18.00	0.00	0.00	453.20
Πάτρα	301697	4236693	6.00	160.00	136.30	94.60	42.20	22.80	6.60	0.00	0.60	12.40	132.00	184.80	35.00	827.30
Πάτρα Ρομανός	306570	4233169	228.00	131.60	97.80	92.80	46.40	19.60	9.20	0.00	0.00	8.80	0.00	194.20	11.60	612.00
Πύργος	273893	4171940	22.00	194.00	189.00	91.00	39.40	10.40	9.20	11.40	0.20	10.80	172.00	402.20	11.00	1140.60
Ρίο Αχαΐας	305897	4242177	2.00	195.20	119.00	104.40	41.60	34.60	5.20	0.00	0.00	5.60	118.40	163.20	37.00	824.20
Σαγαΐικα	277988	4220236	26.00	59.60	125.10	41.00	23.40	6.60	5.40	0.00	0.00	0.30	125.40	0.00	0.00	386.80
Σπάρτη	360817	4101613	204.00	155.40	95.00	90.60	6.20	27.80	3.00	6.40	27.20	19.20	36.60	116.20	132.40	716.00
Στεμνίτσα	330377	4157967	1094.00	262.40	175.60	140.00	73.20	63.80	49.40	52.80	12.40	49.60	145.20	292.80	118.00	1435.20

Τρίκαλα Κορινθίας	365493	4206835	1077.00	141.00	177.60	73.00	12.60	13.00	23.40	0.40	0.00	3.40	69.00	202.60	98.20	814.20
Φολόη Ηλείας	299818	4176653	600.00	181.60	160.60	141.40	46.80	82.20	4.20	79.80	7.00	30.80	159.40	360.60	116.20	1370.60
Ωλένη Ηλείας	282783	4177871	61.00	206.20	190.00	86.90	30.80	40.40	2.00	5.60	0.00	82.80	177.40	358.00	96.60	1276.70
Ωλενία	289374	4220285	34.00	128.90	64.60	76.20	14.40	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	92.40	211.80	48.60	639.10

Πίνακας 4 - Μηνιαία βροχόπτωση 2013 (mm)

Σταθμός	x	y	Υψόμετρο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	Έτος
Αμαλιάδα	264642	4186988	26.00	10.70	11.80	11.90	16.60	19.20	23.00	26.20	27.00	22.90	18.20	17.20	12.70	18.12
Ανδρίτσαινα	314338	4150269	731.00	6.90	8.00	10.20	13.60	17.80	20.80	24.10	26.20	19.80	14.90	14.30	9.20	15.48
Βαρθολομίο	253935	4194220	11.00	10.80	11.60	12.50	15.60	18.80	22.80	26.00	26.60	22.40	17.80	16.90	12.30	17.84
Ελάτη Αρκαδίας	336422	4165756	1207.00	2.70	4.30	6.60	9.70	14.00	16.60	19.10	21.90	15.90	11.00	10.70	5.80	11.53
Ζαχάρω	290340	4150831	5.00	11.90	12.50	13.20	16.00	18.80	22.30	24.90	25.60	22.40	19.10	17.40	13.40	18.13
Ισθμός Κορίνθου	408650	4200494	6.00	11.40	12.60	13.30	16.60	20.40	24.00	27.70	29.20	24.10	18.70	17.90	13.60	19.13
Κάβο Μαλέας	418942	4036054	161.00	11.00	12.90	13.70	15.90	20.60	23.90	27.00	28.40	24.00	19.80	18.70	14.30	19.18
Κατάκολο Ηλείας	263135	4169384	2.00	12.70	13.20	14.00	16.60	19.30	22.80	25.70	26.60	23.60	19.90	18.90	14.30	18.97
Κάτω Αχαΐα	285350	4224535	34.00	11.20	11.90	12.80	16.50	19.70	23.80	26.90	27.50	23.00	18.20	17.30	12.80	18.47
Λάππα Αχαΐας	273644	4219643	15.00	10.70	11.70	12.60	16.30	19.50	23.80	26.50	27.10	22.80	18.10	17.10	12.30	18.21
Μεγαλόπολη	335363	4140781	432.00	8.00	9.20	10.80	14.20	18.10	21.30	23.90	26.32	20.70	15.80	14.00	9.40	15.98
Μολάοι Λακωνίας	397984	4072957	128.00	11.50	12.70	13.40	17.20	21.00	24.80	28.20	29.70	24.40	19.30	18.00	13.70	19.49
Μονεμβάσια	414512	4060346	4.00	13.00	14.50	16.40	17.70	21.20	24.90	28.30	29.70	25.50	21.00	19.90	15.90	20.67
Νεμέα Κορινθίας	381197	4188981	290.00	8.10	9.90	11.00	14.40	19.30	23.00	25.90	27.30	21.20	15.70	14.60	9.50	16.66
Οβριά Αχαΐας	300951	4228835	65.00	11.20	12.00	13.20	17.00	20.00	23.80	26.90	27.70	23.20	18.30	17.30	12.60	18.60
Ολυμπία	290267	4168486	45.00	10.90	11.70	12.90	16.40	19.40	23.10	26.20	27.30	22.70	18.40	16.90	12.30	18.18
Παραλία Αχαΐας	298026	4229640	3.00	11.00	11.60	12.70	16.20	19.10	23.00	25.80	26.6	22.70	18.10	16.90	12.50	17.24
Πάτρα	301697	4236693	6.00	11.70	12.40	13.50	17.10	19.70	23.40	26.40	27.20	23.80	19.20	18.40	13.70	18.88
Πύργος	273893	4171940	22.00	12.00	12.80	14.10	17.40	20.40	24.10	27.10	28.10	23.80	19.30	18.10	13.50	19.23
Ρίο Αχαΐας	305897	4242177	2.00	11.40	12.00	13.30	17.30	19.70	23.50	26.60	27.50	23.90	19.00	17.70	13.40	18.78
Σαγγαίικα Αχαΐας	277988	4220236	26.00	10.60	11.40	12.40	16.20	19.30	23.20	26.30	27.10	22.80	18.00	17.00	12.30	18.05
Σπάρτη	360817	4101613	204.00	9.10	10.50	12.40	15.30	20.10	23.70	26.60	28.60	22.70	17.20	15.00	11.20	17.70
Φολόη Ηλείας	299818	4176653	600.00	7.00	8.00	9.70	13.30	16.70	20.20	23.60	25.40	19.40	14.60	13.70	8.90	15.04
Ωλένη Ηλείας	282783	4177871	61.00	10.10	10.70	12.00	14.80	18.40	22.00	25.20	26.30	21.50	17.00	15.30	11.00	17.03
Ωλενία	289374	4220285	34.00	10.10	11.00	11.90	15.80	19.10	23.10	26.20	27.10	22.30	17.30	16.40	11.70	17.67

Πίνακας 5 - Μηνιαία θερμοκρασία 2010 (°C)

Σταθμός	x	y	Υψόμετρο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	Έτος
Αμαλιάδα	264642	4186988	26.00	10.00	10.70	11.90	15.00	18.90	23.30	26.20	26.50	24.20	16.50	11.70	11.50	17.20
Ανδρίτσαινα	314338	4150269	731.00	7.10	7.50	8.70	12.00	15.70	21.10	24.60	24.50	22.20	13.60	10.00	8.10	14.59
Βαρθολομώ	253935	4194220	11.00	9.50	10.10	11.40	14.60	18.70	23.30	26.10	26.50	24.30	16.40	11.60	11.50	17.00
Ελάτη Αρκαδίας	336422	4165756	1207.00	3.20	3.00	4.80	7.80	11.30	16.40	20.30	20.00	17.60	9.20	6.00	4.20	10.32
Ζαχάρω	290340	4150831	5.00	10.80	11.90	12.90	15.10	18.40	22.60	25.30	25.70	24.00	17.80	13.90	12.40	17.57
Ισθμός Κορίνθου	408650	4200494	6.00	10.70	10.80	11.50	14.70	19.10	23.90	27.40	28.20	25.30	17.50	12.40	11.70	17.77
Κάβο Μαλέας	418942	4036054	161.00	11.90	11.60	12.10	14.10	18.50	23.80	27.20	26.30	24.20	17.70	12.80	10.30	17.54
Κατάκολο Ηλείας	263135	4169384	2.00	12.00	12.50	13.20	15.70	19.00	23.10	25.80	25.20	25.20	18.70	14.60	13.70	18.23
Κάτω Αχαΐα	285350	4224535	34.00	10.30	11.30	12.00	15.00	19.20	23.70	26.90	27.50	25.40	17.80	13.00	13.00	17.93
Κρανίδι	425579	4136915	110.00	11.30	11.10	12.00	14.70	19.20	24.70	28.50	27.90	25.30	17.50	13.00	12.60	18.15
Μεγαλόπολη	335363	4140781	432.00	6.90	7.90	9.10	12.40	16.10	21.10	25.00	25.00	22.00	13.90	9.70	8.30	14.78
Μολάοι Λακωνίας	397984	4072957	128.00	11.20	11.40	12.30	15.00	19.30	24.80	28.50	28.10	26.10	17.80	13.60	12.50	18.38
Μονεμβασιά	414512	4060346	4.00	13.30	12.90	13.80	15.80	19.80	25.00	28.40	27.90	26.10	17.90	15.10	14.50	19.21
Νεμέα Κορινθίας	381197	4188981	290.00	6.80	7.20	8.60	12.40	17.00	21.80	25.60	24.50	21.60	13.40	8.00	8.20	14.59
Ολυμπία	290267	4168486	45.00	9.70	10.90	12.10	14.90	18.70	23.40	26.30	26.50	24.70	17.10	12.70	11.20	17.35
Παραλία Αχαΐας	298026	4229640	3.00	10.20	10.20	0.00	0.00	21.80	23.00	25.80	26.50	24.70	17.20	12.20	11.80	18.34
Πάτρα	301697	4236693	6.00	11.80	12.20	12.60	15.60	19.30	23.60	26.40	27.50	26.10	18.50	14.00	13.20	18.40
Πύργος	273893	4171940	22.00	11.10	12.10	13.30	16.10	19.80	24.50	27.50	27.70	25.70	18.30	14.00	12.70	18.57
Ρίο Αχαΐας	305897	4242177	2.00	11.40	11.70	12.40	15.60	19.30	23.60	26.60	27.60	25.70	18.20	14.30	12.70	18.26
Σπάρτη	360817	4101613	204.00	8.30	9.10	10.40	13.60	17.80	22.90	27.30	26.80	23.80	15.20	9.80	9.50	16.21
Φολόη Ηλείας	299818	4176653	600.00	6.60	7.40	8.60	11.60	15.30	20.30	24.40	24.20	21.90	13.50	9.60	8.00	14.28
Ωλένη Ηλείας	282783	4177871	61.00	8.20	9.70	10.90	14.00	17.70	22.30	25.40	25.50	22.80	15.20	10.10	9.80	15.97
Ωλενία	289374	4220285	34.00	9.10	10.10	11.10	14.30	18.60	23.40	26.50	27.20	24.70	16.70	11.60	10.70	17.00

Πίνακας 6 - Μηνιαία θερμοκρασία 2011 (°C)

Σταθμός	x	y	Υψόμετρο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	Έτος
Αμαλιάδα	264642	4186988	26.00	7.20	9.00	12.40	15.70	19.00	24.50	27.60	27.40	23.50	20.30	15.70	10.70	17.75
Ανδρίτσαινα	314338	4150269	731.00	4.10	4.90	9.60	13.00	16.60	24.10	27.20	26.00	21.50	18.00	13.00	7.30	15.44
Βαρθολομιό	253935	4194220	11.00	7.30	8.80	11.90	15.80	19.30	24.80	27.70	27.10	23.60	20.30	15.40	10.50	17.71
Ελάτη Αρκαδίας	336422	4165756	1207.00	-0.20	0.80	5.40	9.40	12.40	19.20	22.50	20.90	17.40	13.60	8.70	3.50	11.13
Ζαχάρω	290340	4150831	5.00	8.60	10.00	12.60	16.00	18.50	23.50	26.30	26.50	23.30	21.00	16.80	11.20	17.86
Ισθμός Κορίνθου	408650	4200494	6.00	8.30	9.40	12.40	16.60	20.00	26.10	29.10	28.60	24.90	22.10	16.90	12.10	18.88
Κατάκολο Ηλείας	263135	4169384	2.00	9.80	10.50	13.50	16.30	19.30	24.00	27.40	27.50	24.50	22.00	18.00	12.80	18.80
Κάτω Αχαΐα	285350	4224535	34.00	8.40	9.40	12.90	16.20	19.80	25.50	28.80	27.90	23.90	20.80	16.40	10.90	18.41
Καβομαλιάς	418942	4036054	161.00	9.60	10.10	12.80	16.30	19.60	25.40	28.80	28.60	24.90	22.30	17.60	13.00	19.08
Κρανίδι	425579	4136915	110.00	8.60	9.50	12.90	17.00	21.20	27.30	29.90	29.40	25.10	22.30	17.40	12.30	19.41
Λάππα	273644	4219643	15.00	7.60	8.80	12.50	16.00	19.50	25.60	28.40	27.70	23.80	20.50	15.80	10.50	18.06
Μεγαλόπολη	335363	4140781	432.00	4.40	5.90	9.70	13.60	17.00	23.90	27.00	25.80	21.60	17.80	13.10	7.40	15.60
Μολάοι Λακωνίας	397984	4072957	128.00	9.00	9.70	13.10	16.70	20.70	27.10	30.20	29.80	25.40	22.40	17.60	12.30	19.50
Μονεμβασιά	414512	4060346	4.00	11.00	11.30	14.10	17.70	21.40	26.50	29.10	29.80	26.50	23.70	19.30	0.00	19.21
Νεμέα Κορινθίας	381197	4188981	290.00	3.90	5.80	9.50	14.90	18.50	24.80	27.60	26.80	21.70	18.30	12.80	7.80	16.03
Ολυμπία	290267	4168486	45.00	7.10	8.80	12.50	15.90	19.20	25.00	28.20	27.40	23.50	20.60	16.00	10.20	17.87
Παραλία Αχαΐας	298026	4229640	3.00	7.90	9.30	12.70	15.80	19.30	24.90	28.00	27.30	23.70	20.70	15.90	10.90	18.03
Πάτρα	301697	4236693	6.00	9.40	9.70	13.40	16.30	19.60	25.20	28.20	28.20	25.00	22.20	17.60	12.20	18.92
Πύργος	273893	4171940	22.00	8.90	9.90	13.90	17.00	20.40	26.10	29.10	28.70	24.90	21.90	17.20	11.60	19.13
Ρίο Αχαΐας	305897	4242177	2.00	9.30	9.30	13.20	16.30	19.70	25.60	28.80	28.50	24.90	21.10	17.60	11.80	18.84
Σαγαΐικα	277988	4220236	26.00	7.50	8.70	12.30	15.70	19.20	25.50	29.40	27.90	23.70	20.50	15.80	10.40	18.05
Σπάρτη	360817	4101613	204.00	6.20	7.40	11.10	15.00	19.50	26.70	29.20	28.00	23.70	19.80	13.90	9.20	17.48
Τρίκαλα Κορινθίας	365493	4206835	1077.00	0.90	1.80	6.70	11.00	14.60	20.90	24.10	22.80	18.80	15.40	9.90	4.80	12.64
Φολόη Ηλείας	299818	4176653	600.00	4.10	4.90	9.40	12.60	16.10	23.30	26.40	25.70	20.90	17.50	12.70	7.10	15.06
Ωλένη Ηλείας	282783	4177871	61.00	5.90	8.20	11.50	14.80	18.20	23.80	26.90	26.10	22.30	19.00	14.20	8.90	16.65
Ωλενία	289374	4220285	34.00	6.80	8.10	11.90	15.40	18.10	25.40	28.40	27.30	23.20	19.80	15.10	9.60	17.43

Πίνακας 7 - Μηνιαία θερμοκρασία 2012 (°C)

Σταθμός	x	y	Υψόμετρο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	Έτος
Αλαγονία	343840	4107863	765.00	6.30	7.30	9.90	13.70	18.40	20.80	23.00	24.00	20.10	16.20	12.00	7.40	14.93
Αμαλιάδα	264642	4186988	26.00	10.60	11.50	13.60	16.80	20.90	23.00	25.70	27.10	23.30	18.60	15.40	9.90	18.03
Ανδρίτσαινα	314338	4150269	731.00	6.50	7.30	10.10	14.20	18.60	20.90	23.70	24.40	20.00	16.60	12.30	7.90	15.21
Αργος	386333	4165059	38.00	9.50	10.80	13.00	16.90	22.00	25.00	27.60	28.60	23.30	18.50	15.10	9.90	18.35
Βαρθολομιό	253935	4194220	11.00	10.70	10.90	13.4	16.40	20.90	23.50	26.20	27.90	23.80	19.20	15.70	10.40	18.69
Βυτίνα	339990	4170408	1013.00	3.10	4.70	7.20	10.60	15.50	17.80	19.50	21.00	16.70	12.20	8.60	3.40	11.69
Δερβένι	362057	4221737	5.00	10.00	11.20	13.60	17.30	21.60	24.10	27.50	29.00	25.90	19.50	16.00	11.60	18.94
Ελάτη Αρκαδίας	336422	4165756	1207.00	2.40	3.50	6.10	10.20	14.90	17.00	18.70	20.00	16.20	12.70	8.30	3.50	11.13
Ζαχάρω	290340	4150831	5.00	10.80	11.80	14.60	15.80	20.80	22.50	24.90	26.80	23.10	18.70	16.50	11.10	18.12
Ισθμός Κορίνθου	408650	4200494	6.00	11.00	12.10	14.00	17.10	22.10	24.50	27.40	28.40	24.70	19.50	16.30	11.30	19.03
Καβομαλιάς	418942	4036054	161.00	12.00	12.50	14.00	17.20	21.40	17.20	23.80	26.60	27.20	23.90	17.30	12.50	18.80
Καλάβρυτα	334349	4210127	781.00	5.20	5.50	8.10	11.90	16.80	19.20	22.10	22.80	18.00	13.10	9.50	4.00	13.02
Κατάκολο Ηλείας	263135	4169384	2.00	12.30	12.80	14.40	16.70	20.60	22.80	25.20	27.40	23.90	20.20	17.40	12.70	18.87
Κάτω Αχαΐα	285350	4224535	34.00	10.60	11.80	13.40	16.90	21.30	23.70	26.60	28.30	0.00	0.00	0.00	0.00	19.08
Κρανίδι	425579	4136915	110.00	11.40	12.20	14.00	17.90	22.80	25.50	27.90	28.60	24.70	19.90	16.70	11.80	19.45
Κυπαρισσία	291784	4123544	36.00	11.70	12.50	14.50	16.30	21.10	22.80	25.10	27.30	24.10	19.20	16.80	12.20	18.63
Λάππα	273644	4219643	15.00	10.00	11.40	13.20	16.80	21.20	23.40	26.10	27.90	23.30	18.60	15.20	10.20	18.11
Λυκόχια Αρκαδίας	337773	4151112	870.00	4.90	5.80	8.20	12.40	17.00	19.40	21.50	22.90	18.60	15.00	10.60	6.10	13.53
Μεγαλόπολη	335363	4140781	432.00	6.80	8.60	10.90	14.00	18.90	21.70	23.90	24.80	20.90	16.00	12.50	7.30	15.53
Μολάοι Λακωνίας	397984	4072957	128.00	11.50	12.20	14.10	18.00	22.60	25.20	27.90	28.70	24.60	20.10	17.00	12.00	19.49
Μονεμβασιά	414512	4060346	4.00	13.10	13.60	15.20	18.30	22.80	25.40	27.70	28.50	25.70	21.30	18.40	13.70	20.31
Νεμέα Κορινθίας	381197	4188981	290.00	7.40	8.70	11.20	14.80	20.50	22.90	25.00	25.10	21.50	15.60	12.20	6.50	15.95
Ολυμπία	290267	4168486	45.00	9.80	11.30	13.80	16.50	20.90	23.30	26.10	27.50	23.10	18.90	15.30	10.60	18.09
Παναχαϊκό	313491	4235799	1588.00	-0.60	0.00	0.00	7.30	11.80	14.10	16.80	17.30	13.70	11.00	5.70	1.40	9.85
Παραλία Αχαΐας	298026	4229640	3.00	10.20	11.60	13.00	16.50	20.90	23.20	25.90	27.70	25.00	18.30	0.00	0.00	19.23
Πάτρα	301697	4236693	6.00	11.60	12.10	13.70	17.20	21.10	23.30	26.20	28.70	24.60	19.90	16.80	12.30	18.96
Πάτρα Ρομανός	306570	4233169	228.00	10.30	11.10	13.00	16.90	21.30	23.30	26.40	28.20	23.20	19.10	15.70	11.60	18.34
Πύργος	273893	4171940	22.00	11.40	12.40	14.70	17.70	22.00	24.30	27.00	28.50	24.20	19.90	16.30	11.90	19.19
Ρίο Αχαΐας	305897	4242177	2.00	11.20	11.80	13.70	16.80	20.90	23.40	27.50	28.80	24.60	19.60	16.50	12.20	18.92
Σαγαΐικα	277988	4220236	26.00	10.00	11.20	13.60	16.50	21.00	23.50	26.30	0.00	23.10	18.70	15.30	10.30	17.23

Σπάρτη	360817	4101613	204.00	8.30	9.70	12.30	15.90	21.60	24.60	25.90	27.00	23.10	16.90	13.60	8.10	17.25
Στεμνίτσα	330377	4157967	1094.00	4.30	5.20	7.60	11.60	16.20	18.30	20.50	21.90	17.70	13.90	10.10	10.10	13.12
Τρίκαλα Κορινθίας	365493	4206835	1077.00	3.80	4.70	7.40	11.90	16.80	18.90	20.80	21.50	18.30	13.90	9.50	4.40	12.66
Φολόη Ηλείας	299818	4176653	600.00	6.20	7.50	10.00	13.90	18.20	20.80	23.70	25.00	19.80	15.80	11.90	7.60	15.03
Ωλένη Ηλείας	282783	4177871	61.00	8.70	10.40	12.60	15.30	19.80	23.30	25.10	26.20	21.70	17.30	14.10	8.70	16.93
Ωλενία	289374	4220285	34.00	9.10	11.20	12.20	18.40	23.20	0.00	0.00	0.00	0.00	17.40	14.40	9.10	14.38

Πίνακας 8 - Μηνιαία θερμοκρασία 2013 (°C)

ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Μήνας	Καλλικρατικοί Δήμοι Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Πελοποννήσου (GR01)																		
	Αιγιαλείας	Ανατολικής Μάνης	Ανδρίτσαινας - Κρεστένων	Αρχαίας Ολυμπίας	Γορτυνίας	Δυτικής Μάνης	Ζαχάρως	Ήλιδας	Καλαβρύτων	Καλαμάτας	Μεγαλόπολης	Μεσσήνης	Οιχαλίας	Πύλου - Νέστορος	Πύργου	Σικυωνίων	Σπάρτης	Τρίπολης	Τριφυλίας
Ιανουάριος	9.39	10.34	9.00	9.15	7.06	9.53	10.15	10.45	9.13	9.10	8.06	9.40	8.50	9.71	10.97	8.74	9.02	6.86	9.63
Φεβρουάριος	10.42	11.60	9.93	10.03	8.22	10.78	10.96	11.22	10.12	10.26	9.22	10.45	9.56	10.74	11.69	9.89	10.30	8.13	10.57
Μάρτιος	11.70	12.91	11.49	11.42	9.92	12.33	12.16	12.33	11.47	11.80	10.86	11.85	11.17	12.08	12.89	11.25	11.98	9.86	11.90
Απρίλιος	15.17	15.92	14.82	14.86	13.25	15.40	15.28	15.62	14.92	14.99	14.19	15.10	14.48	15.32	16.04	14.65	15.06	15.16	13.14
Μάιος	18.65	19.81	18.35	18.15	16.98	19.56	18.53	18.87	18.35	18.93	18.07	18.75	18.24	18.90	19.22	18.35	19.37	17.07	18.61
Ιούνιος	32.60	27.35	35.65	35.65	45.23	26.82	29.79	32.32	39.58	28.12	25.47	30.38	28.49	30.80	29.35	31.51	25.79	25.60	31.52
Ιούλιος	25.25	26.51	24.82	24.92	23.11	26.11	24.84	25.66	24.91	25.34	24.14	25.20	24.53	25.42	25.93	24.82	25.78	22.97	25.05
Αύγουστος	26.57	28.03	26.35	26.30	25.01	27.84	26.05	26.71	26.28	27.08	26.22	26.74	26.31	26.86	26.99	26.31	27.67	25.10	26.45
Σεπτέμβριος	21.71	23.03	21.14	21.18	19.59	22.47	21.66	22.16	21.39	21.78	20.69	21.73	20.93	21.98	22.58	21.21	22.10	19.58	21.66
Οκτώβριος	16.90	18.20	16.64	16.60	14.84	17.40	17.61	17.65	16.65	16.88	15.85	17.05	16.23	17.32	18.18	16.34	16.94	14.73	17.18
Νοέμβριος	15.87	16.86	15.55	15.43	13.98	15.77	16.28	16.31	15.63	15.41	14.45	15.76	15.07	16.06	16.82	15.33	15.18	13.69	15.96
Δεκέμβριος	11.22	12.54	10.84	10.79	9.24	11.57	11.86	11.83	10.98	11.01	9.82	11.25	10.39	11.57	12.33	10.63	11.01	8.98	11.41

ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ

Μήνας	Καλλικρατικοί Δήμοι Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Πελοποννήσου (GR01)																		
	Αιγιαλείας	Ανατολικής Μάνης	Ανδρίτσαινας - Κρεστένων	Αρχαίας Ολυμπίας	Γορτυνίας	Δυτικής Μάνης	Ζαχάρως	Ήλιδας	Καλαβρύτων	Καλαμάτας	Μεγαλόπολης	Μεσσήνης	Οιχαλίας	Πύλου - Νέστορος	Πύργου	Σικυωνίων	Σπάρτης	Τρίπολης	Τριφυλίας
Ιανουάριος	142.42	112.17	174.64	151.23	180.85	113.18	141.20	130.54	149.68	125.65	133.33	134.76	159.19	131.40	136.68	153.04	117.51	163.59	142.14
Μάρτιος	64.71	34.59	63.85	58.41	72.34	40.91	52.26	45.30	65.96	50.21	61.55	53.03	63.74	50.55	43.24	66.08	47.47	70.21	54.71
Απρίλιος	13.54	6.49	13.77	20.13	17.74	7.15	11.38	10.65	15.10	8.56	8.06	10.02	11.39	9.92	9.51	14.03	7.40	12.72	11.13
Μάιος	33.62	23.03	38.20	44.09	40.44	22.43	37.16	41.79	35.93	28.99	36.73	32.85	36.09	32.19	42.40	35.17	25.82	38.31	35.65
Ιούνιος	19.08	21.42	22.95	11.53	33.72	34.53	16.28	11.55	20.26	35.40	46.78	27.54	34.70	23.80	10.42	25.48	41.30	45.36	22.47
Ιούλιος	14.43	12.50	21.05	4.03	31.26	20.73	13.69	1.97	15.45	30.16	59.33	24.77	38.16	19.28	1.81	21.91	33.12	50.58	20.17
Αύγουστος	0.18	0.21	0.11	0.27	0.25	0.11	0.07	0.23	0.20	0.10	0.07	0.13	0.09	0.15	0.18	0.20	0.07	0.19	0.12
Σεπτέμβριος	43.66	39.14	49.47	67.12	53.36	31.99	55.43	65.92	47.28	36.69	38.86	43.10	43.13	43.57	64.95	46.00	31.35	44.72	48.11
Οκτώβριος	182.02	150.77	195.84	234.35	180.94	122.15	163.38	216.37	188.99	136.19	130.88	160.09	160.51	165.94	212.70	175.81	116.99	145.07	171.53
Νοέμβριος	97.84	67.04	117.45	152.31	121.17	61.38	105.90	112.47	107.30	74.12	75.55	88.28	90.91	89.34	115.65	101.36	63.37	95.93	98.96
Δεκέμβριος	69.51	78.03	92.60	73.18	89.09	59.89	105.39	61.39	72.96	66.75	74.56	75.63	84.92	74.70	65.52	75.92	58.58	85.07	84.04

Πίνακας 9 – Αποτελέσματα χωρικής παρεμβολής 2010

ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ																			
Καλλικρατικοί Δήμοι Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Πελοποννήσου (GR01)																			
Μήνας	Αιγιαλείας	Ανατολικής Μάνης	Ανδρίτσαινας - Κρεστένων	Αρχαίας Ολυμπίας	Γορτυνίας	Δυτικής Μάνης	Ζαχάρως	Ήλιδας	Καλαβρύτων	Καλαμάτας	Μεγαλόπολης	Μεσσήνης	Οιχαλίας	Πύλου - Νέστορος	Πύργου	Σικωωνίων	Σπάρτης	Τρίπολης	Τριφυλίας
Ιανουάριος	8.60	10.02	8.44	8.26	6.66	8.92	9.37	9.17	8.35	8.43	7.32	8.73	7.95	9.04	9.75	8.05	8.32	6.40	8.92
Φεβρουάριος	9.12	10.37	9.21	9.19	7.11	9.53	10.25	10.26	8.93	9.10	8.07	9.40	8.61	9.69	10.85	8.53	9.02	6.84	9.66
Μάρτιος	9.50	11.25	10.32	10.21	8.27	10.59	11.28	11.28	9.39	10.15	9.22	10.36	9.69	10.60	11.94	9.18	10.18	8.08	10.62
Απρίλιος	12.40	13.98	13.27	13.11	11.24	13.57	13.94	14.23	12.24	13.16	12.38	13.28	12.73	13.47	14.81	12.14	13.28	11.15	13.47
Μάιος	17.48	18.26	17.04	17.10	15.23	17.79	17.57	18.20	17.17	17.28	16.23	17.38	16.64	17.64	18.57	16.88	17.43	15.08	17.44
Ιούνιος	22.02	23.32	21.94	21.85	20.11	22.80	22.18	22.76	21.73	22.20	21.21	22.20	21.59	22.42	23.16	21.53	22.45	20.02	22.17
Ιούλιος	25.39	26.94	25.21	25.30	23.71	26.68	25.24	25.85	25.10	25.92	24.93	25.67	25.09	25.84	26.19	24.98	26.47	23.73	25.45
Αύγουστος	25.49	26.64	25.26	25.34	23.64	26.39	25.42	25.98	25.23	25.77	24.89	25.63	25.07	25.80	26.29	24.98	26.16	23.62	25.51
Σεπτέμβριος	23.24	24.37	23.16	23.19	21.35	23.82	23.46	23.73	23.03	23.27	22.24	23.35	22.72	23.59	24.24	22.69	23.43	21.10	23.38
Οκτώβριος	15.38	16.43	15.30	15.28	13.26	15.62	15.74	16.14	15.16	15.20	14.13	15.49	14.70	15.80	16.80	14.76	15.12	12.97	15.74
Νοέμβριος	10.95	12.06	11.28	11.02	9.37	10.89	12.27	11.44	10.85	10.71	10.00	11.19	10.64	11.47	12.26	10.42	10.28	9.03	11.56
Δεκέμβριος	10.02	11.04	9.76	9.73	7.94	10.13	10.81	10.76	9.78	9.72	8.64	10.06	9.24	10.38	11.33	9.42	9.56	7.65	10.31
ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ																			
Καλλικρατικοί Δήμοι Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Πελοποννήσου (GR01)																			
Μήνας	Αιγιαλείας	Ανατολικής Μάνης	Ανδρίτσαινας - Κρεστένων	Αρχαίας Ολυμπίας	Γορτυνίας	Δυτικής Μάνης	Ζαχάρως	Ήλιδας	Καλαβρύτων	Καλαμάτας	Μεγαλόπολης	Μεσσήνης	Οιχαλίας	Πύλου - Νέστορος	Πύργου	Σικωωνίων	Σπάρτης	Τρίπολης	Τριφυλίας
Ιανουάριος	120.16	133.66	189.64	178.06	173.95	131.07	167.81	145.88	136.25	137.79	143.20	144.82	165.74	141.67	153.35	124.38	129.85	152.75	154.89
Φεβρουάριος	88.58	124.95	110.07	101.38	106.71	115.20	92.94	92.46	88.74	105.51	95.10	101.35	106.35	101.15	95.63	97.84	111.65	101.20	97.59
Μάρτιος	75.91	53.77	70.95	80.94	89.80	56.88	57.09	75.48	76.45	61.69	62.42	64.23	68.92	63.61	70.37	82.19	57.78	81.76	64.54
Απρίλιος	64.92	91.61	92.15	81.85	83.48	105.09	78.25	65.53	68.00	91.26	73.09	81.19	85.90	79.60	67.62	70.22	109.11	75.73	77.87
Μάιος	42.56	36.59	57.50	50.39	66.96	50.04	44.72	32.00	47.00	56.71	77.37	51.51	65.13	46.27	31.95	47.02	58.75	74.71	48.86
Ιούνιος	16.31	10.89	44.00	43.22	30.55	15.55	26.75	19.88	20.74	20.86	28.23	22.63	34.08	20.26	22.27	17.34	17.80	23.21	25.60
Ιούλιος	0.39	0.10	0.09	0.07	1.03	0.11	0.07	0.06	0.46	0.18	0.24	0.19	0.19	0.18	0.04	0.53	0.12	1.05	0.16
Αύγουστος	7.94	3.92	14.38	4.19	17.02	4.33	8.61	5.58	9.31	7.37	11.78	8.57	14.94	7.46	3.46	10.33	6.07	16.35	9.45
Σεπτέμβριος	21.81	18.88	36.62	27.35	32.50	28.43	26.65	17.91	24.16	32.18	42.72	29.62	38.73	26.71	19.77	24.04	34.25	35.94	29.05
Οκτώβριος	118.76	104.66	132.27	154.75	131.19	96.41	134.10	150.30	128.53	104.71	101.52	117.43	115.84	120.26	153.19	116.30	96.00	111.10	127.76
Νοέμβριος	1.46	1.39	1.94	1.82	1.47	1.50	2.56	2.55	1.37	1.47	0.99	1.63	1.44	1.69	3.04	1.67	1.40	1.26	1.93
Δεκέμβριος	175.46	117.75	272.33	226.29	244.37	122.69	173.69	172.70	197.26	156.77	194.09	177.72	233.80	170.27	174.79	182.09	138.67	211.59	192.43

Πίνακας 10 – Αποτελέσματα χωρικής παρεμβολής 2011

ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Μήνας	Καλλικρατικός Δήμοι Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Πελοποννήσου (GR01)																		
	Αιγιαλείας	Ανατολικής Μάνης	Ανδρίτσαινας - Κρεστένων	Αρχαία Ολυμπίας	Γορτυνίας	Δυτικής Μάνης	Ζαχάρω	Ήλιδας	Καλαβρύτων	Καλαμάτας	Μεγαλόπολης	Μεσσήνης	Οιχαλίας	Πύλου - Νέστορος	Πύργου	Σικυωνίων	Σπάρτης	Τρίπολης	Τριφυλίας
Ιανουάριος	4.66	7.55	5.78	5.78	3.86	6.55	6.89	6.81	5.46	5.95	4.72	6.19	5.30	6.52	7.42	4.50	5.98	3.53	6.38
Φεβρουάριος	5.75	8.49	6.97	7.04	4.97	7.66	8.15	8.47	6.59	7.13	5.99	7.37	6.45	7.68	8.92	5.62	7.16	4.73	7.58
Μάρτιος	9.83	11.96	10.95	11.00	9.13	11.31	11.57	11.99	10.52	10.88	9.92	11.09	10.42	11.34	12.51	9.69	10.89	8.81	11.26
Απρίλιος	13.68	15.62	14.35	14.32	12.76	15.06	14.98	15.29	14.12	14.59	14.68	14.00	14.91	15.74	13.55	14.71	12.66	14.75	15.00
Μάιος	17.12	19.33	17.68	17.70	16.04	18.99	18.00	18.65	17.48	18.26	17.11	18.14	17.41	18.36	19.06	16.96	18.72	15.97	18.04
Ιούνιος	23.36	25.58	24.14	24.07	22.61	25.63	23.88	24.40	23.75	24.83	23.88	24.47	24.06	24.58	24.72	23.26	25.56	22.61	24.20
Ιούλιος	26.47	28.53	27.23	27.19	25.77	28.44	26.85	27.51	26.88	27.76	26.95	27.49	27.12	27.60	27.81	26.37	28.32	25.74	27.25
Αύγουστος	25.55	27.98	26.43	26.47	24.73	27.57	26.45	26.88	26.03	26.86	25.88	26.72	26.20	26.90	27.27	25.43	27.29	24.59	26.59
Σεπτέμβριος	21.57	23.98	22.36	22.27	20.78	23.45	22.73	23.04	22.07	22.79	21.75	22.75	22.10	22.96	23.50	21.43	23.11	20.65	22.69
Οκτώβριος	18.26	20.80	19.19	19.07	17.34	19.96	19.88	19.87	18.78	19.34	18.17	19.47	18.73	19.74	20.44	18.10	19.47	17.08	19.56
Νοέμβριος	13.29	15.89	14.46	14.36	12.53	14.71	15.35	15.18	13.99	14.30	13.35	14.64	13.92	14.94	15.80	13.14	14.09	12.23	14.86
Δεκέμβριος	7.96	9.11	8.82	8.79	7.09	9.07	9.75	9.81	8.57	8.76	7.73	8.98	8.30	9.21	10.34	7.79	8.83	6.77	9.27

ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ

Μήνας	Καλλικρατικός Δήμοι Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Πελοποννήσου (GR01)																		
	Αιγιαλείας	Ανατολικής Μάνης	Ανδρίτσαινας - Κρεστένων	Αρχαία Ολυμπίας	Γορτυνίας	Δυτικής Μάνης	Ζαχάρω	Ήλιδας	Καλαβρύτων	Καλαμάτας	Μεγαλόπολης	Μεσσήνης	Οιχαλίας	Πύλου - Νέστορος	Πύργου	Σικυωνίων	Σπάρτης	Τρίπολης	Τριφυλίας
Ιανουάριος	84.68	73.71	142.33	106.89	119.87	85.58	116.13	76.04	96.61	95.55	103.07	98.66	128.65	93.07	76.88	91.96	92.66	118.51	106.33
Φεβρουάριος	196.94	178.33	259.11	252.82	202.61	190.23	246.53	287.05	206.03	194.06	171.04	205.75	218.63	207.10	290.83	197.96	188.75	188.39	224.22
Μάρτιος	29.88	27.50	31.49	34.09	33.12	30.55	26.95	27.53	31.31	32.85	38.91	31.35	34.07	30.16	26.96	30.99	34.08	38.63	30.06
Απρίλιος	87.51	56.65	108.27	100.94	136.43	61.57	93.56	73.20	100.09	80.17	100.81	87.02	104.08	82.56	75.58	90.57	74.41	128.69	92.10
Μάιος	38.52	23.79	42.34	58.49	55.65	25.62	40.60	37.85	47.75	32.67	37.13	36.99	37.54	36.77	35.72	36.84	29.54	46.14	39.68
Ιούνιος	2.46	0.86	2.16	0.54	4.88	0.85	1.51	0.47	2.59	1.44	1.77	1.64	2.40	1.46	0.41	3.07	1.20	5.26	1.70
Ιούλιος	1.83	1.91	1.05	0.57	3.42	2.31	1.09	0.37	2.11	5.31	14.00	4.32	6.09	3.21	0.33	2.36	6.02	9.16	3.03
Αύγουστος	30.52	12.56	14.54	18.83	50.22	13.17	10.27	10.65	29.67	20.50	33.31	21.05	23.71	19.14	8.79	33.89	19.18	47.84	18.58
Σεπτέμβριος	85.96	55.53	108.34	122.26	107.58	62.11	76.20	103.28	96.86	75.69	84.83	83.50	93.40	82.49	98.68	83.86	70.11	92.90	87.84
Οκτώβριος	47.32	41.84	54.51	62.97	56.95	46.03	45.97	71.03	56.48	49.80	51.97	51.66	53.79	51.64	65.48	45.46	48.78	52.85	52.36
Νοέμβριος	67.74	73.94	78.16	76.53	79.62	65.62	64.34	69.07	71.00	67.97	71.75	70.12	76.86	69.55	66.65	68.14	65.41	74.78	69.92
Δεκέμβριος	206.12	128.52	238.45	222.35	256.59	136.59	219.79	194.50	216.15	174.40	209.43	193.57	228.14	187.22	190.65	207.53	159.69	239.28	209.58

Πίνακας 11 – Αποτελέσματα χωρικής παρεμβολής 2012

ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ																			
Μήνας	Καλλικρατικός Δήμοι Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Πελοποννήσου (GR01)																		
	Αιγιαλείας	Ανατολικής Μάνης	Ανδρίτσαινας - Κρεστένων	Αρχαίας Ολυμπίας	Γορτυνίας	Δυτικής Μάνης	Ζαχάρως	Ήλιδας	Καλαβρύτων	Καλαμάτας	Μεγαλόπολης	Μεσσήνης	Οιχαλίας	Πύλου - Νέστορος	Πύργου	Σικυωνίων	Σπάρτης	Τρίπολης	Τριφυλίας
Ιανουάριος	6.37	9.10	7.96	7.96	5.66	7.89	9.02	9.33	6.73	7.07	6.45	8.29	7.42	8.65	9.94	6.38	7.56	5.37	9.73
Φεβρουάριος	7.17	10.07	9.05	9.25	6.80	9.00	10.05	10.61	7.71	8.14	7.71	9.34	8.50	9.68	11.17	7.36	8.77	6.56	10.68
Μάρτιος	9.54	12.23	11.58	11.62	9.20	11.39	12.62	12.79	9.97	10.60	10.10	11.64	10.91	11.93	13.40	9.70	11.24	8.96	12.89
Απρίλιος	13.40	15.75	14.86	14.99	12.91	14.98	15.16	15.84	13.74	14.21	13.66	14.87	14.33	15.11	16.26	13.51	14.85	12.70	15.47
Μάιος	18.14	20.48	19.38	19.41	17.54	19.91	19.87	20.25	18.39	18.97	18.39	19.58	18.98	19.81	20.64	18.24	19.94	17.43	20.18
Ιούνιος	20.13	22.27	21.54	21.59	19.56	22.20	21.81	22.51	20.03	21.25	20.77	21.59	21.12	21.72	23.15	20.16	22.46	19.67	22.04
Ιούλιος	22.73	24.86	24.13	24.21	21.80	24.34	24.29	24.81	22.51	23.47	23.02	23.93	23.51	24.10	25.53	22.59	24.38	21.78	24.41
Αύγουστος	23.45	25.86	25.20	25.24	22.87	25.34	25.65	25.56	23.16	24.48	23.16	24.06	24.57	25.20	26.78	23.37	25.41	22.93	25.95
Σεπτέμβριος	19.32	22.35	20.99	20.75	18.72	21.52	21.70	21.54	19.04	20.59	20.03	21.25	20.58	21.45	22.57	19.36	21.50	18.85	22.34
Οκτώβριος	14.93	18.04	17.13	16.90	14.89	16.95	17.63	17.64	15.24	16.45	15.83	17.05	16.54	17.27	18.43	15.17	16.61	14.79	17.95
Νοέμβριος	11.02	14.27	13.41	13.15	10.98	13.21	14.48	14.19	11.24	12.53	12.00	13.48	12.81	13.74	15.03	11.22	12.93	10.85	14.89
Δεκέμβριος	6.17	9.54	8.94	8.64	6.99	8.41	9.68	9.30	6.70	7.92	7.59	8.92	8.39	9.17	10.23	6.56	8.02	6.42	10.32
ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ																			
Μήνας	Καλλικρατικός Δήμοι Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Πελοποννήσου (GR01)																		
	Αιγιαλείας	Ανατολικής Μάνης	Ανδρίτσαινας - Κρεστένων	Αρχαίας Ολυμπίας	Γορτυνίας	Δυτικής Μάνης	Ζαχάρως	Ήλιδας	Καλαβρύτων	Καλαμάτας	Μεγαλόπολης	Μεσσήνης	Οιχαλίας	Πύλου - Νέστορος	Πύργου	Σικυωνίων	Σπάρτης	Τρίπολης	Τριφυλίας
Ιανουάριος	93.62	176.53	258.87	193.32	225.92	245.81	223.52	181.33	142.01	330.38	219.73	219.53	241.65	202.19	194.16	141.91	326.87	189.43	195.83
Φεβρουάριος	176.24	127.70	174.67	159.32	165.26	142.89	155.32	163.73	165.01	171.52	158.08	147.67	163.19	142.66	170.53	154.51	166.64	138.24	157.17
Μάρτιος	97.12	80.51	122.17	107.52	124.46	99.79	90.17	85.44	104.09	115.94	119.37	98.20	119.31	92.44	86.07	92.91	115.77	120.87	85.95
Απρίλιος	29.35	23.43	49.93	41.29	46.50	27.52	40.23	31.24	35.36	37.75	45.99	33.35	44.41	31.10	33.82	29.81	35.16	45.55	27.79
Μάιος	27.76	25.02	48.35	52.12	42.18	31.39	30.66	28.99	31.29	36.85	33.89	30.59	38.79	28.64	27.18	28.04	36.49	33.70	26.40
Ιούνιος	10.60	10.51	23.09	8.76	21.18	11.25	15.82	7.32	12.11	14.70	23.90	14.08	22.67	12.68	7.02	13.96	13.68	23.57	10.83
Ιούλιος	9.44	14.64	25.08	34.80	44.18	19.78	15.69	10.17	19.16	27.79	36.50	20.51	28.14	17.70	10.06	17.26	27.05	46.76	12.10
Αύγουστος	3.57	8.62	15.82	5.52	16.11	15.06	9.19	1.74	6.80	14.98	13.21	10.00	15.32	8.51	1.44	6.57	16.82	14.77	5.89
Σεπτέμβριος	10.86	16.90	25.71	29.74	32.51	21.01	21.39	42.45	18.34	24.13	32.07	23.31	27.07	22.06	36.72	16.49	23.97	31.46	21.48
Οκτώβριος	91.21	67.25	104.91	125.91	122.04	62.84	104.34	147.54	101.62	67.35	74.61	86.45	90.70	88.80	148.34	89.72	60.38	100.54	96.46
Νοέμβριος	212.38	208.31	343.29	326.45	288.22	221.97	270.29	316.75	238.26	270.29	287.29	259.85	299.88	252.92	348.42	224.90	252.36	267.73	259.88
Δεκέμβριος	82.70	113.07	99.16	95.04	104.80	116.71	71.55	75.52	84.18	116.31	121.43	102.61	109.42	98.63	64.24	90.01	120.14	115.22	95.08

Πίνακας 12 – Αποτελέσματα χωρικής παρεμβολής 2013

Σταθμός	x	y	Υψόμετρο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Ανδρίτσαινα	314338.00	4150269.00	731.00	0.65	0.69	0.79	0.93	0.89	0.87	0.96	0.99	0.87	0.69	0.76	0.67
Βαρθολομιά	253935.00	4194220.00	11.00	0.74	0.75	0.76	0.87	0.87	0.87	0.92	0.92	0.82	0.68	0.68	0.72
Ζαχάρω	290340.00	4150831.00	5.00	0.80	0.79	0.77	0.86	0.81	0.79	0.81	0.84	0.79	0.76	0.73	0.76
Κατάκολο Ηλείας	263135.00	4169384.00	2.00	0.81	0.78	0.79	0.84	0.79	0.79	0.79	0.82	0.81	0.79	0.75	0.75
Κάτω Αχαΐα	285350.00	4224535.00	34.00	0.85	0.82	0.84	0.93	0.94	0.96	0.99	0.99	0.93	0.79	0.79	0.79
Μεγαλόπολη	335363.00	4140781.00	432.00	0.65	0.95	0.96	0.95	0.93	0.90	0.93	1.00	0.88	0.67	0.62	0.57
Μολάοι Λακωνίας	397984.00	4072957.00	128.00	0.84	0.87	0.89	0.98	0.98	0.98	1.00	1.00	0.97	0.87	0.80	0.80
Ολυμπία	290267.00	4168486.00	45.00	0.78	0.79	0.82	0.93	0.89	0.89	0.94	0.96	0.90	0.79	0.74	0.74
Ρίο Αχαΐας	305897.00	4242177.00	2.00	0.84	0.78	0.83	0.91	0.87	0.91	0.92	0.92	0.92	0.81	0.79	0.79
Σπάρτη	360817.00	4101613.00	204.00	0.66	0.74	0.81	0.95	0.97	0.96	0.98	1.00	0.92	0.70	0.69	0.68
Φολόη Ηλείας	299818.00	4176653.00	600.00	0.67	0.67	0.76	0.90	0.85	0.84	0.94	0.97	0.85	0.66	0.69	0.65
Ωλένη Ηλείας	282783.00	4177871.00	61.00	0.73	0.72	0.78	0.88	0.87	0.86	0.92	0.95	0.84	0.68	0.64	0.67
Μηνιαίος Μέσος Όρος				0.75	0.78	0.82	0.91	0.89	0.89	0.92	0.95	0.88	0.74	0.72	0.72

Πίνακας 11 – Μέση Μηνιαία Σχετική Υγρασία 2010

Σταθμός	x	y	Υψόμετρο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Ανδρίτσαινα	314338.00	4150269.00	731.00	0.65	0.75	0.81	0.83	0.85	0.90	0.98	0.97	0.97	0.84	0.89	0.63
Βαρθολομιά	253935.00	4194220.00	11.00	0.66	0.75	0.75	0.77	0.81	0.87	0.93	0.92	0.89	0.80	0.83	0.70
Ζαχάρω	290340.00	4150831.00	5.00	0.71	0.86	0.84	0.75	0.76	0.79	0.87	0.87	0.88	0.87	0.92	0.71
Κατάκολο Ηλείας	263135.00	4169384.00	2.00	0.76	0.84	0.81	0.77	0.76	0.77	0.84	0.88	0.86	0.88	0.92	0.79
Κάτω Αχαΐα	285350.00	4224535.00	34.00	0.77	0.89	0.84	0.89	0.90	0.95	1.00	1.00	0.98	0.93	0.94	0.85
Μεγαλόπολη	335363.00	4140781.00	432.00	0.59	0.76	0.77	0.79	0.79	0.86	0.99	0.98	0.95	0.81	0.87	0.57
Μολάοι Λακωνίας	397984.00	4072957.00	128.00	0.82	0.88	0.91	0.90	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.95	0.87
Ολυμπία	290267.00	4168486.00	45.00	0.71	0.87	0.85	0.84	0.85	0.89	0.97	0.96	0.96	0.89	0.94	0.70
Ρίο Αχαΐας	305897.00	4242177.00	2.00	0.81	0.88	0.85	0.90	0.85	0.88	0.95	0.94	0.96	0.92	0.96	0.82
Σπάρτη	360817.00	4101613.00	204.00	0.65	0.77	0.79	0.79	0.88	0.93	1.00	0.99	0.98	0.82	0.81	0.72
Φολόη Ηλείας	299818.00	4176653.00	600.00	0.64	0.79	0.79	0.79	0.79	0.85	0.97	0.96	0.96	0.83	0.91	0.61
Ωλένη Ηλείας	282783.00	4177871.00	61.00	0.66	0.81	0.81	0.81	0.83	0.90	0.98	0.97	0.94	0.83	0.82	0.99
Μηνιαίος Μέσος Όρος				0.70	0.82	0.82	0.82	0.83	0.88	0.96	0.95	0.94	0.87	0.90	0.75

Πίνακας 14 - Μέση Μηνιαία Σχετική Υγρασία 2011

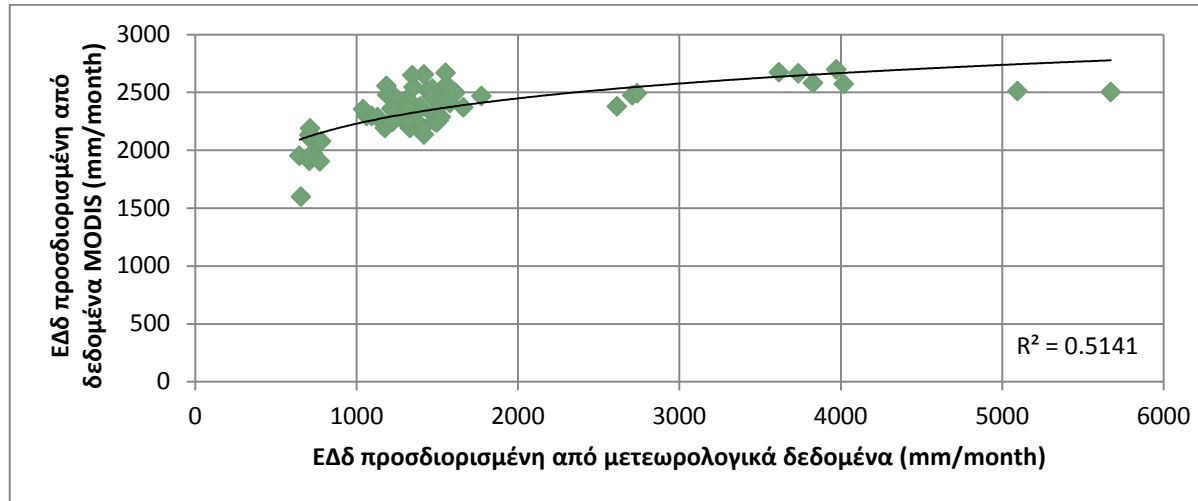
Σταθμός	χ	γ	Υψόμετρο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Ανδρίτσaina	314338.00	4150269.00	731.00	0.75	0.64	0.82	0.82	0.84	0.98	0.99	0.99	0.87	0.82	0.74	0.63
Βαρθολομιό	253935.00	4194220.00	11.00	0.84	0.73	0.78	0.81	0.86	0.94	0.95	0.96	0.85	0.79	0.76	0.72
Ζαχάρω	290340.00	4150831.00	5.00	0.85	0.78	0.76	0.77	0.72	0.82	0.85	0.93	0.86	0.83	0.82	0.74
Κατάκολο Ηλείας	263135.00	4169384.00	2.00	0.89	0.77	0.77	0.74	0.75	0.82	0.84	0.89	0.83	0.81	0.83	0.79
Κάτω Αχαΐα	285350.00	4224535.00	34.00	0.91	0.84	0.88	0.87	0.91	0.99	1.00	0.99	0.91	0.87	0.85	0.75
Κυπαρισσία	291784.00	4123544.00	36.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	0.80
Μεγαλόπολη	335363.00	4140781.00	432.00	0.73	0.62	0.77	0.78	0.85	0.98	0.99	0.98	0.88	0.75	0.67	0.55
Μολάοι Λακωνίας	397984.00	4072957.00	128.00	0.95	0.85	0.94	0.94	0.98	1.00	1.00	1.00	0.96	0.93	0.91	0.90
Ολυμπία	290267.00	4168486.00	45.00	0.82	0.77	0.84	0.83	0.86	0.94	0.98	0.98	0.88	0.85	0.82	0.68
Ρίο Αχαΐας	305897.00	4242177.00	2.00	0.91	0.81	0.85	0.83	0.86	0.92	0.95	0.97	0.89	0.93	0.87	0.81
Σπάρτη	360817.00	4101613.00	204.00	0.72	0.69	0.83	0.96	0.96	0.99	0.99	1.00	0.94	0.85	0.70	0.73
Φολόη Ηλείας	299818.00	4176653.00	600.00	0.77	0.66	0.78	0.77	0.81	0.95	0.99	0.99	0.84	0.80	0.74	0.62
Ωλένη Ηλείας	282783.00	4177871.00	61.00	0.87	0.76	0.80	0.78	0.82	0.93	0.96	0.97	0.86	0.84	0.80	0.73
Μηνιαίος Μέσος Όρος				0.85	0.76	0.83	0.84	0.86	0.94	0.96	0.97	0.89	0.85	0.80	0.73

Πίνακας 15 - Μέση Μηνιαία Σχετική Υγρασία 2012

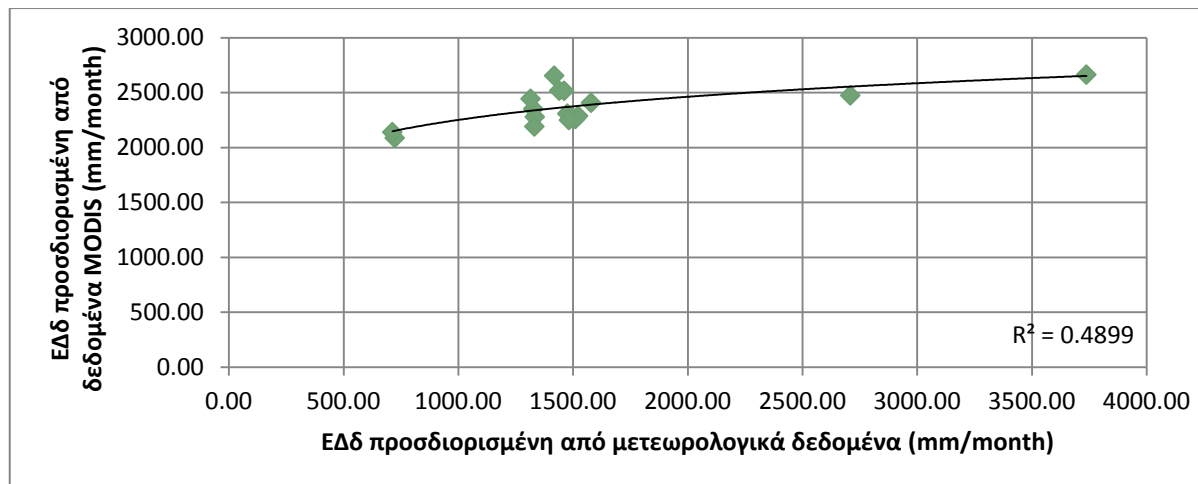
Σταθμός	x	y	Υψόμετρο	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Αλαγονία	314338.00	4107863.00	765.00	0.79	0.76	0.89	0.96	0.92	0.98	1.00	1.00	0.96	0.90	0.80	0.88
Ανδρίτσεινα	314338.00	4150269.00	731.00	0.67	0.61	0.78	0.91	0.84	0.92	0.99	0.99	0.85	0.82	0.67	0.78
Βαρθολομιό	253935.00	4194220.00	11.00	0.85	0.81	0.79	0.87	0.90	0.92	0.94	0.96	0.87	0.75	0.70	0.74
Βυτίνα	339990.00	4170408.00	1013.00	0.62	0.61	0.78	0.91	0.89	0.94	0.94	0.98	0.85	0.79	0.61	0.67
Ζαχάρω	290340.00	4150831.00	5.00	0.80	0.73	0.87	0.83	0.86	0.85	0.88	0.95	0.83	0.73	0.68	0.83
Καλάβρυτα	334349.00	4210127.00	781.00	0.67	0.62	0.78	0.91	0.84	0.93	0.99	0.99	0.84	0.82	0.67	0.78
Κατάκολο Ηλείας	263135.00	4169384.00	2.00	0.81	0.75	0.78	0.79	0.79	0.79	0.80	0.89	0.79	0.75	0.78	0.86
Κάτω Αχαΐα	285350.00	4224535.00	34.00	0.81	0.79	0.82	0.92	0.95	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Κυπαρισσία	291784.00	4123544.00	36.00	0.86	0.82	0.88	0.88	0.90	0.88	0.89	0.96	0.91	0.79	0.82	0.87
Μεγαλόπολη	335363.00	4140781.00	432.00	0.60	0.59	0.73	0.87	0.87	0.93	0.97	0.98	0.86	0.78	0.62	0.70
Μολάοι Λακωνίας	397984.00	4072957.00	128.00	0.96	1.00	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.84	0.78
Ολυμπία	290267.00	4168486.00	45.00	0.74	0.72	0.83	0.89	0.88	0.92	0.98	0.98	0.87	0.82	0.73	0.84
Ρίο Αχαΐας	305897.00	4242177.00	2.00	0.83	0.79	0.80	0.87	0.88	0.89	0.95	0.98	0.92	0.84	0.82	0.89
Σπάρτη	360817.00	4101613.00	204.00	0.72	0.69	0.83	0.96	0.96	0.99	0.99	1.00	0.94	0.85	0.70	0.73
Φολόη Ηλείας	299818.00	4176653.00	600.00	0.76	0.62	0.75	0.99	0.83	0.92	0.99	0.99	0.82	0.76	0.66	0.79
Ωλένη Ηλείας	282783.00	4177871.00	61.00	0.79	0.78	0.85	0.91	0.92	0.96	0.99	0.99	0.91	0.85	0.81	0.84
Μηνιαίος Μέσος Όρος				0.78	0.74	0.81	0.91	0.89	0.92	0.96	0.98	0.90	0.84	0.77	0.82

Πίνακας 16 - Μέση Μηνιαία Σχετική Υγρασία 2013

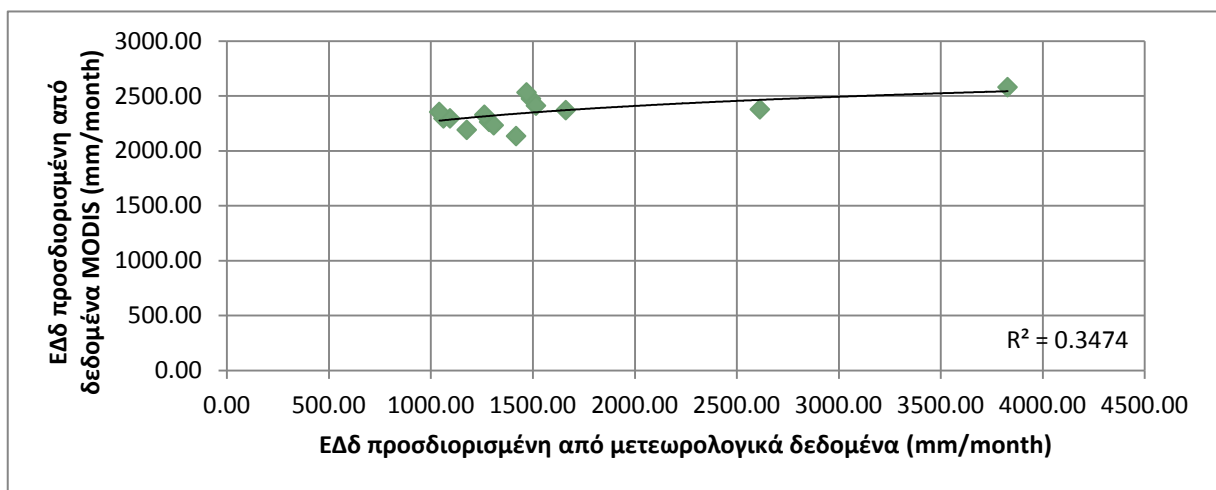
Παράρτημα Διαγραμμάτων



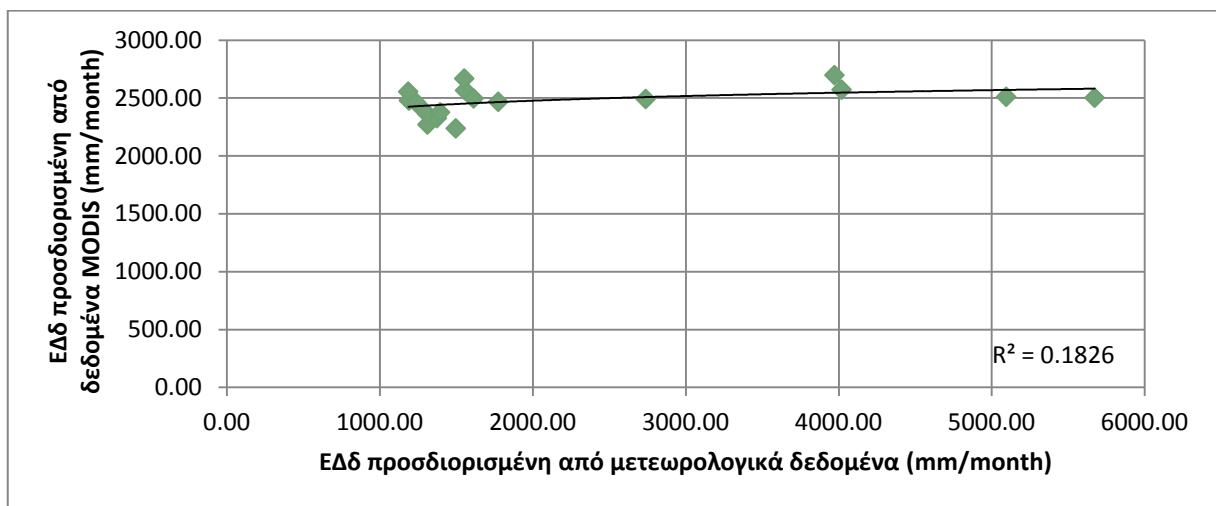
Διάγραμμα 1 – Συσχέτιση απομακρυσμένων τιμών διαχρονικά για τα έτη 2010 - 2013



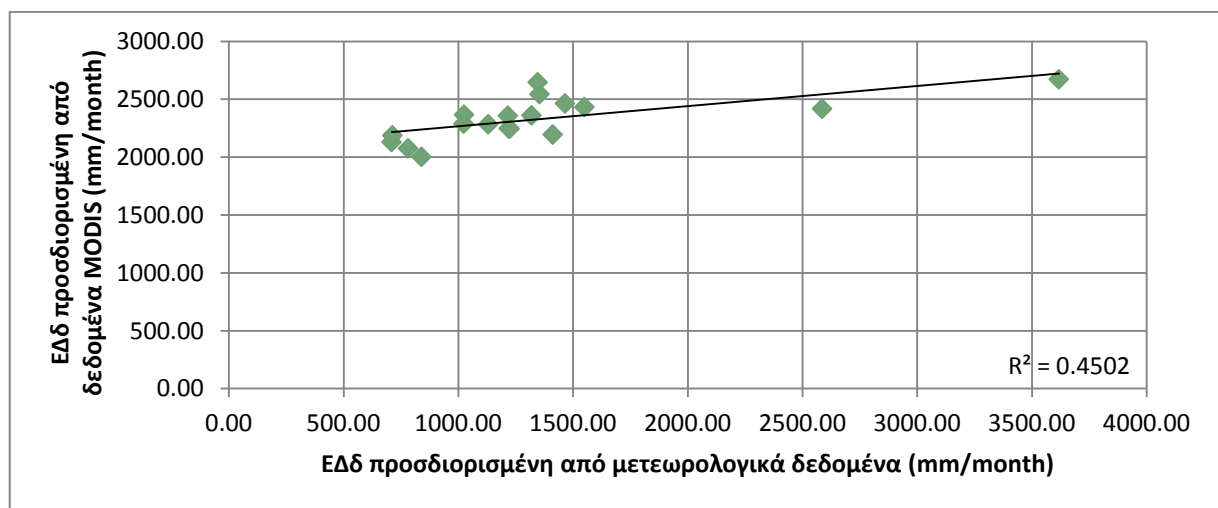
Διάγραμμα 2 – Συσχέτιση απομακρυσμένων τιμών για το έτος 2010



Διάγραμμα 3 – Συσχέτιση απομακρυσμένων τιμών για το έτος 2011

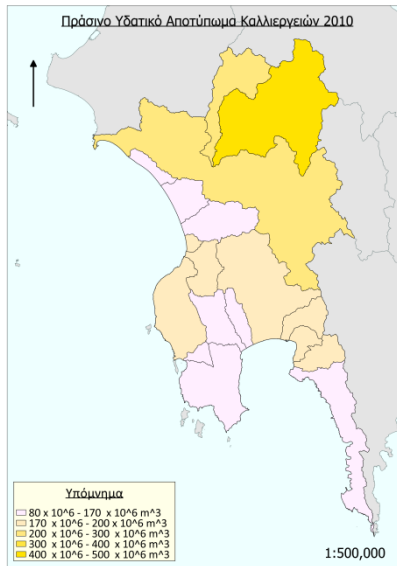


Διάγραμμα 4 – Συσχέτιση απομακρυσμένων τιμών για το έτος 2012

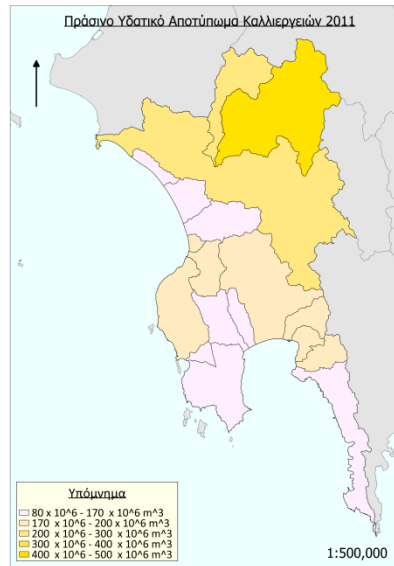


Διάγραμμα 5 – Συσχέτιση απομακρυσμένων τιμών για το έτος 2013

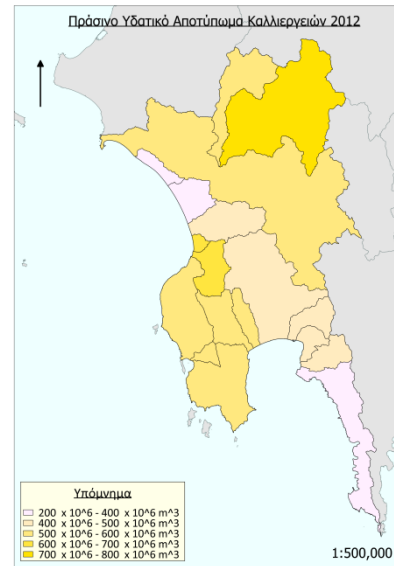
Παράρτημα Εικόνων



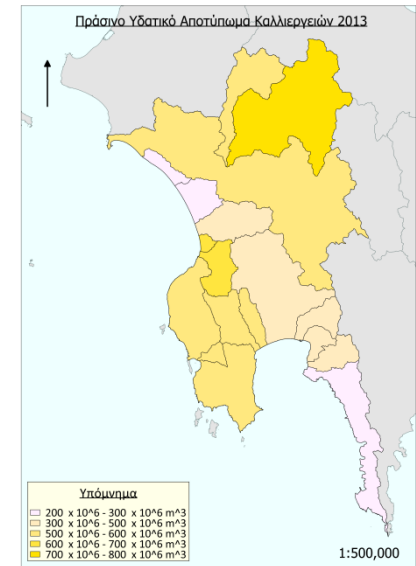
Εικόνα 1 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



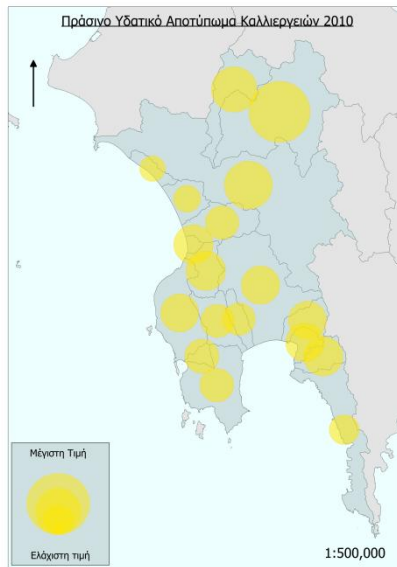
Εικόνα 2 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



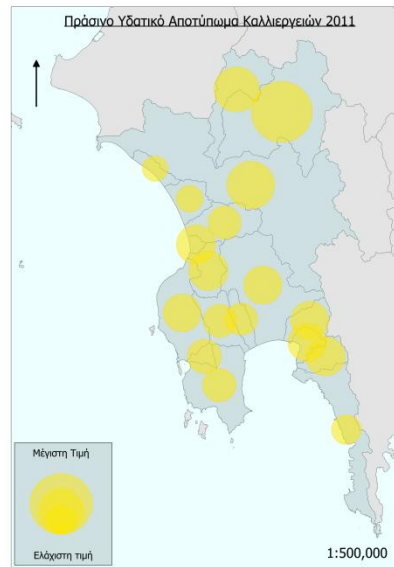
Εικόνα 3 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



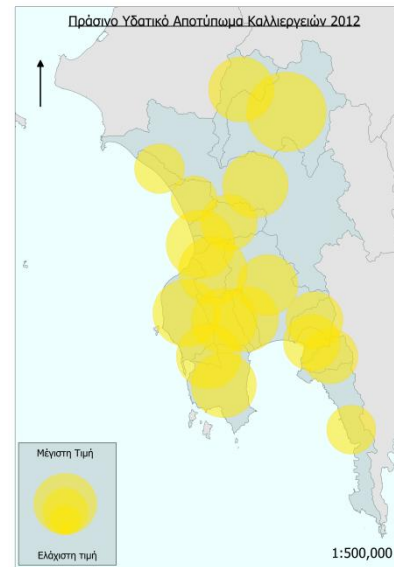
Εικόνα 4 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



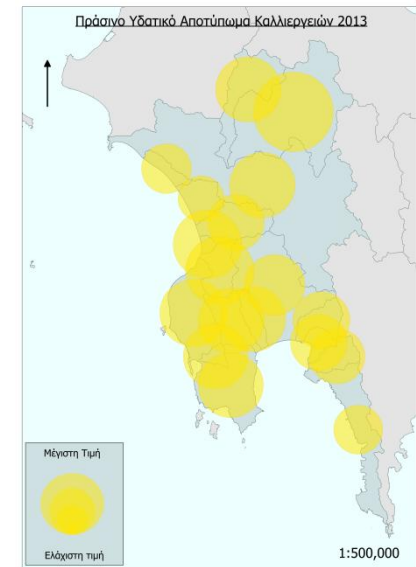
Εικόνα 5 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



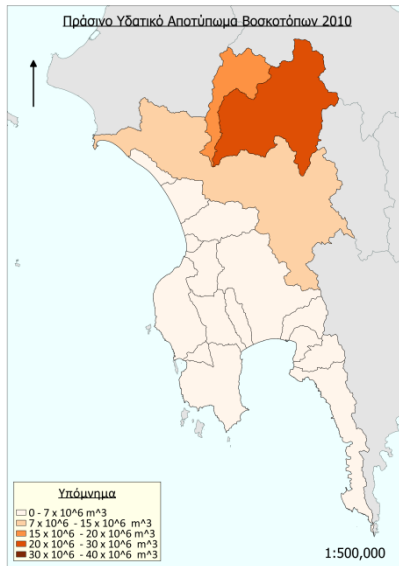
Εικόνα 6 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



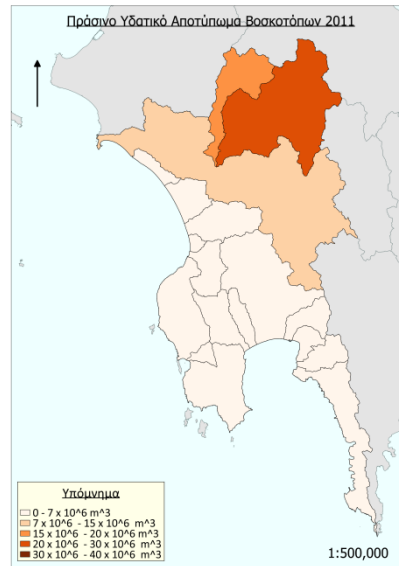
Εικόνα 7 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



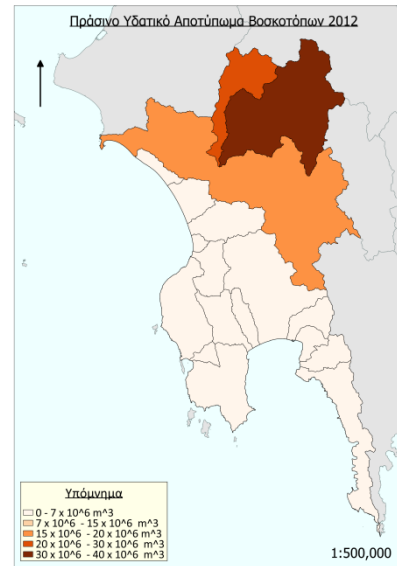
Εικόνα 8 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



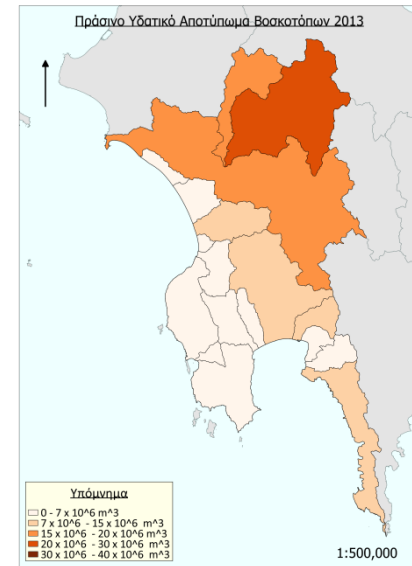
Εικόνα 9 - Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



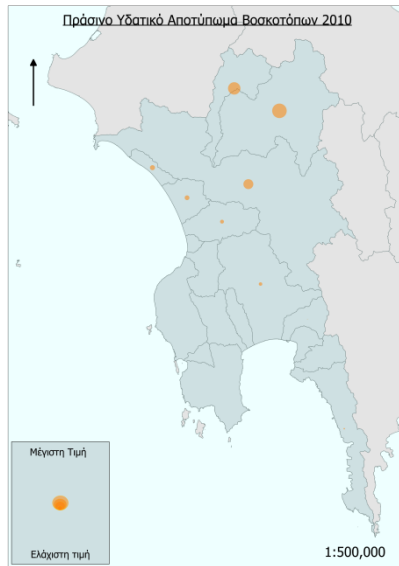
Εικόνα 10 - Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



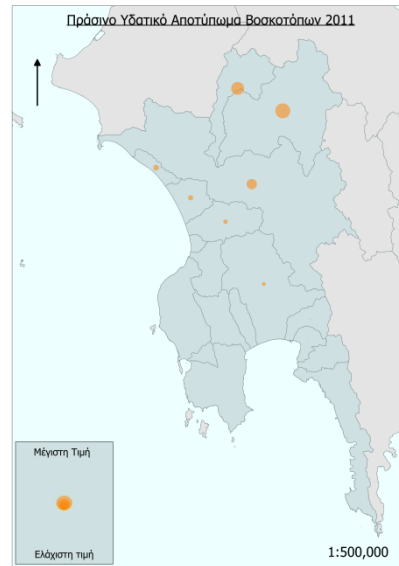
Εικόνα 11 - Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



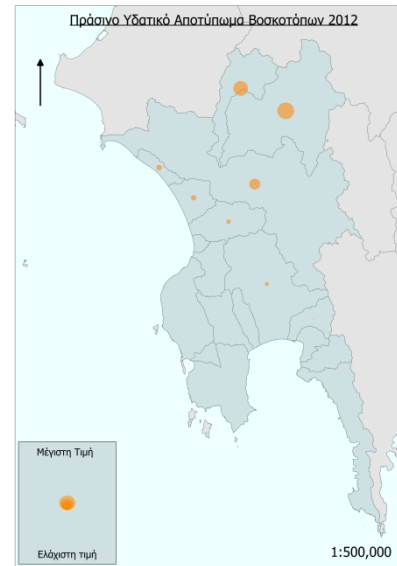
Εικόνα 12 - Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



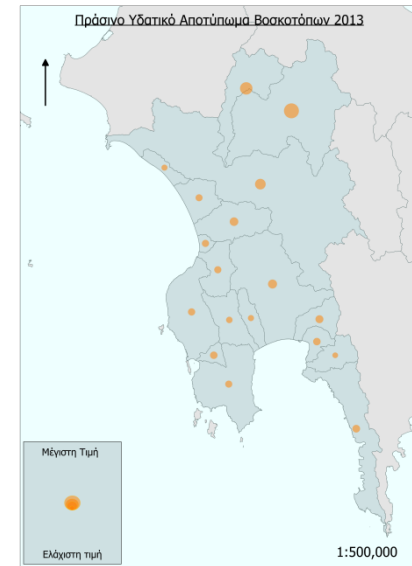
Εικόνα 13 - Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



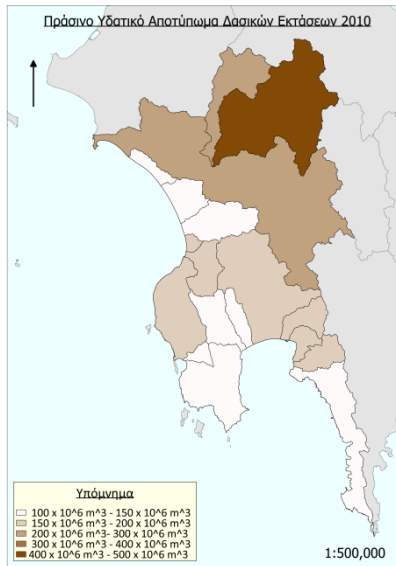
Εικόνα 14 - Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



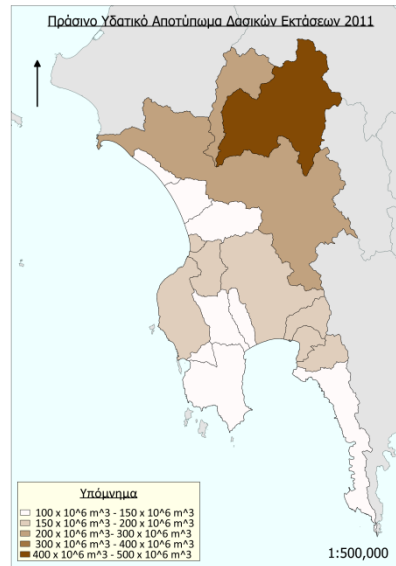
Εικόνα 15 - Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



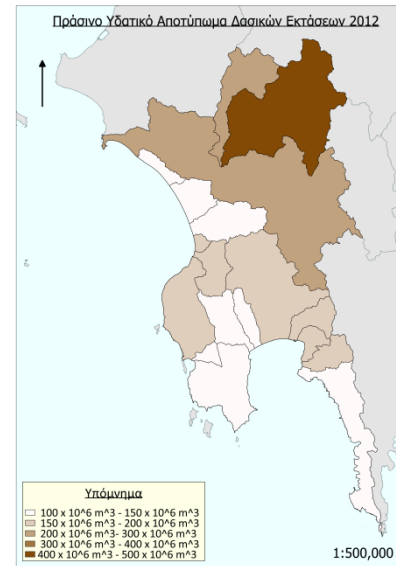
Εικόνα 16 - Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



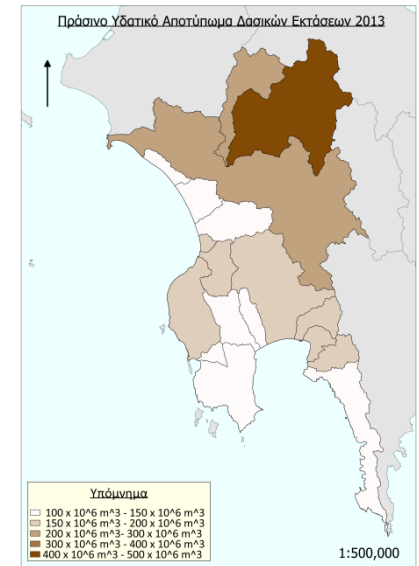
Εικόνα 17 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



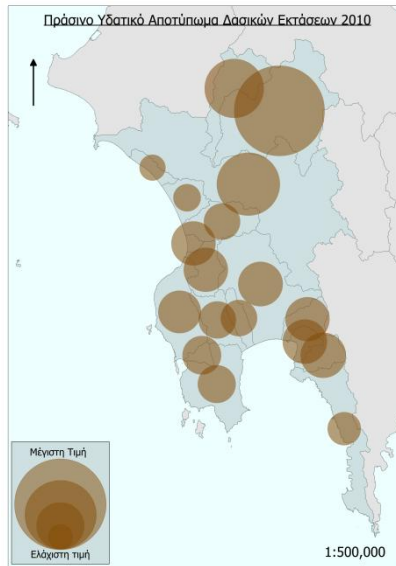
Εικόνα 18 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



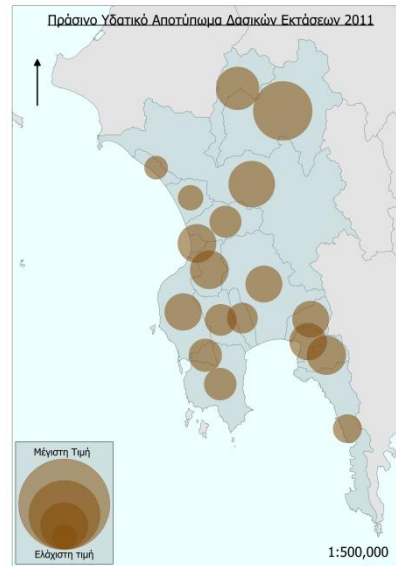
Εικόνα 19 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



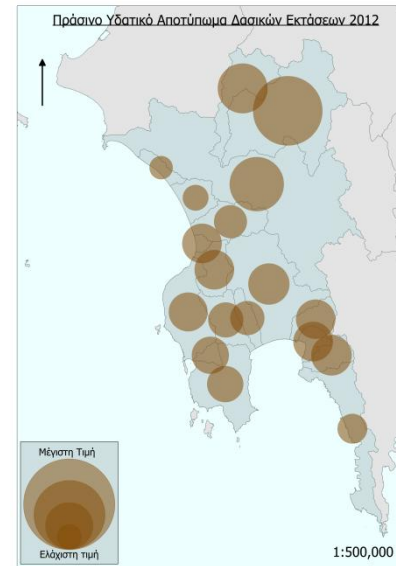
Εικόνα 20 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



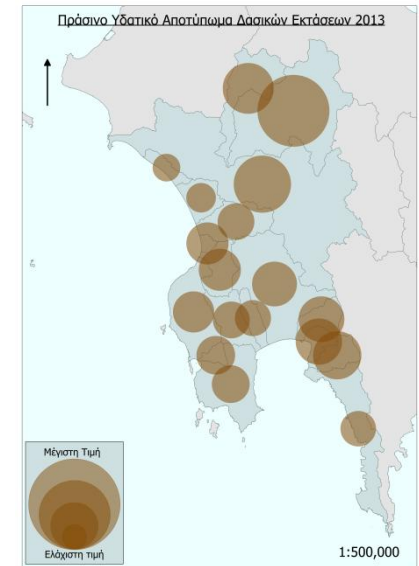
Εικόνα 21 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



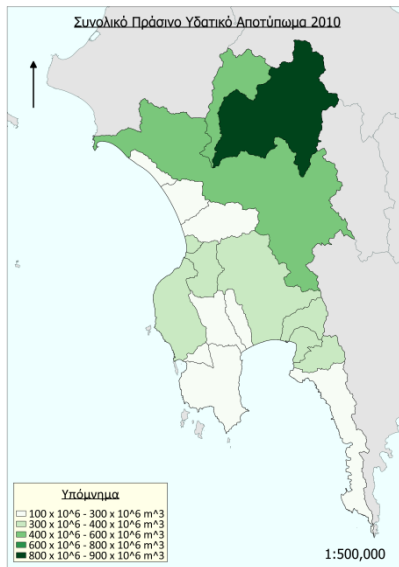
Εικόνα 22 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



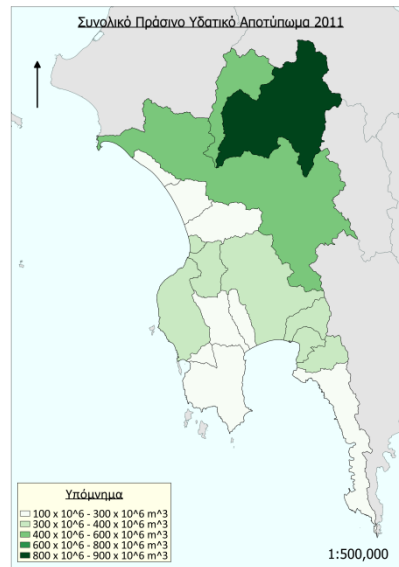
Εικόνα 23 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



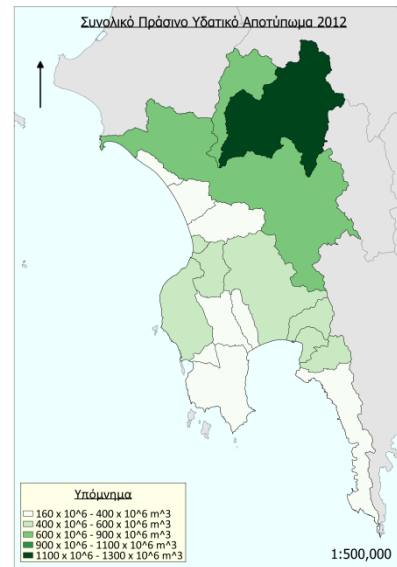
Εικόνα 24 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



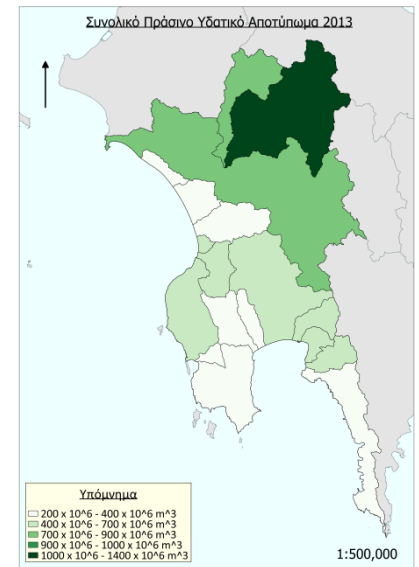
Εικόνα 25 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



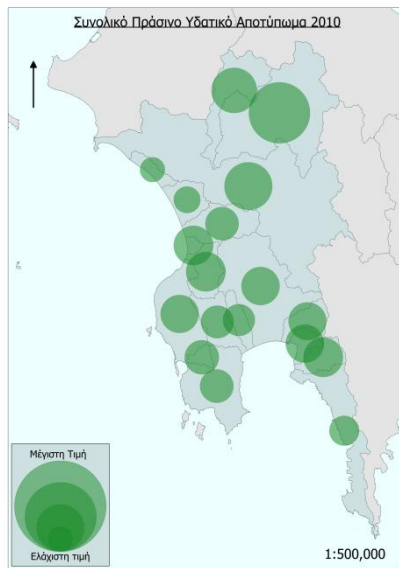
Εικόνα 26 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



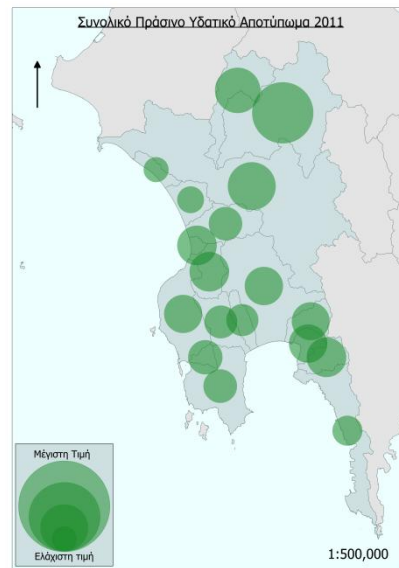
Εικόνα 27 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



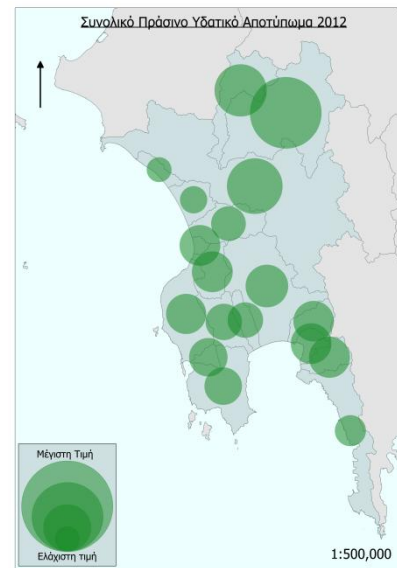
Εικόνα 28 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



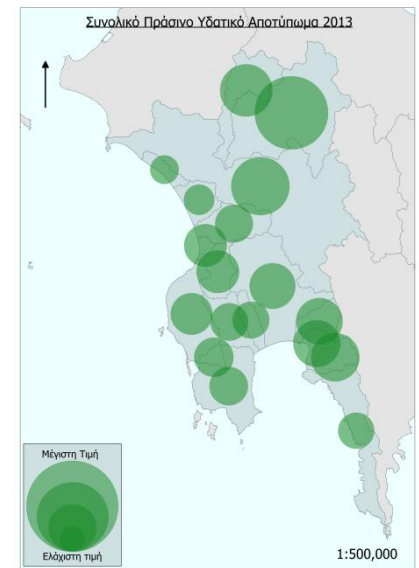
Εικόνα 29 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



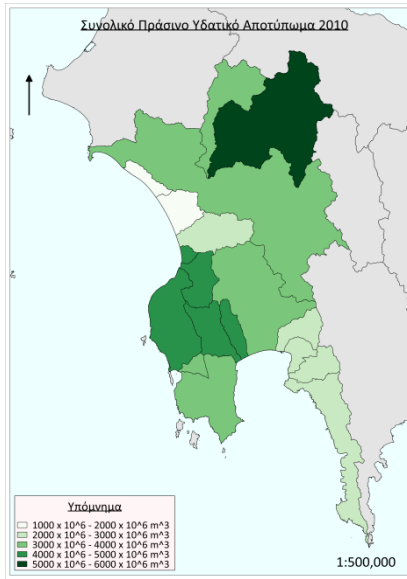
Εικόνα 30 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



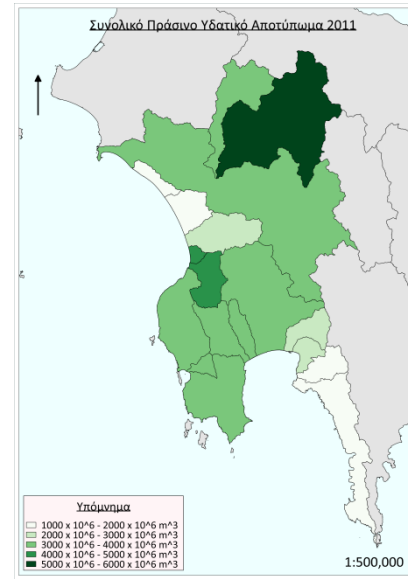
Εικόνα 31 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



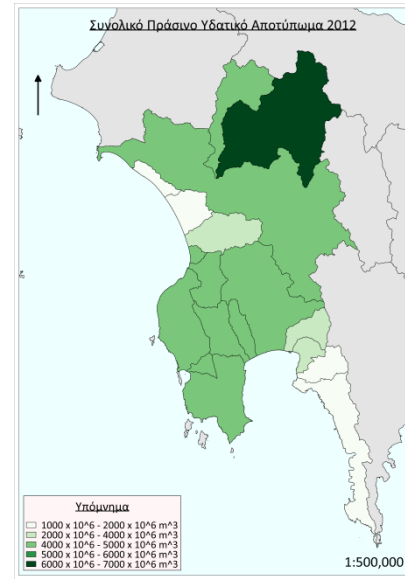
Εικόνα 32 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



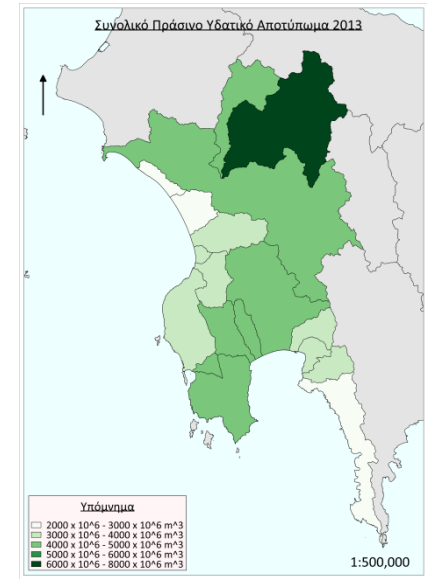
Εικόνα 33 – Προσέγγιση με Τηλεπισκοπικά Δεδομένα



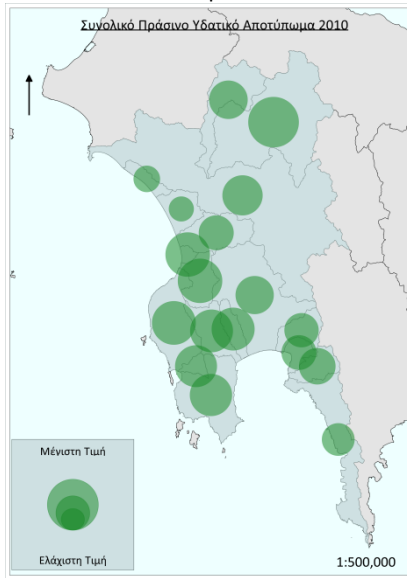
Εικόνα 34 – Προσέγγιση με Τηλεπισκοπικά Δεδομένα



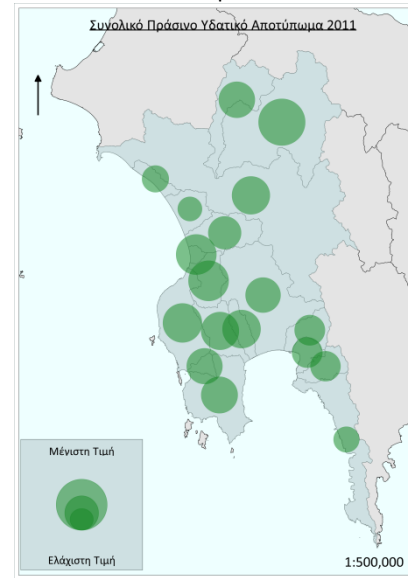
Εικόνα 35 – Προσέγγιση με Τηλεπισκοπικά Δεδομένα



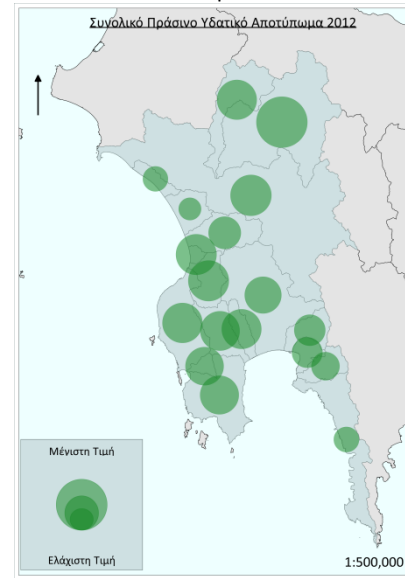
Εικόνα 36 – Προσέγγιση με Τηλεπισκοπικά Δεδομένα



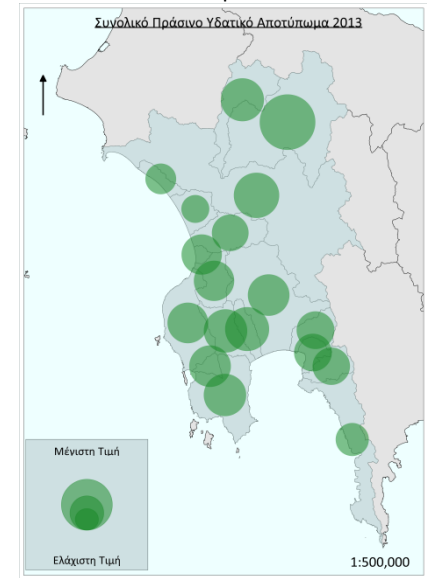
Εικόνα 37 – Προσέγγιση με Τηλεπισκοπικά Δεδομένα



Εικόνα 38 – Προσέγγιση με Τηλεπισκοπικά Δεδομένα

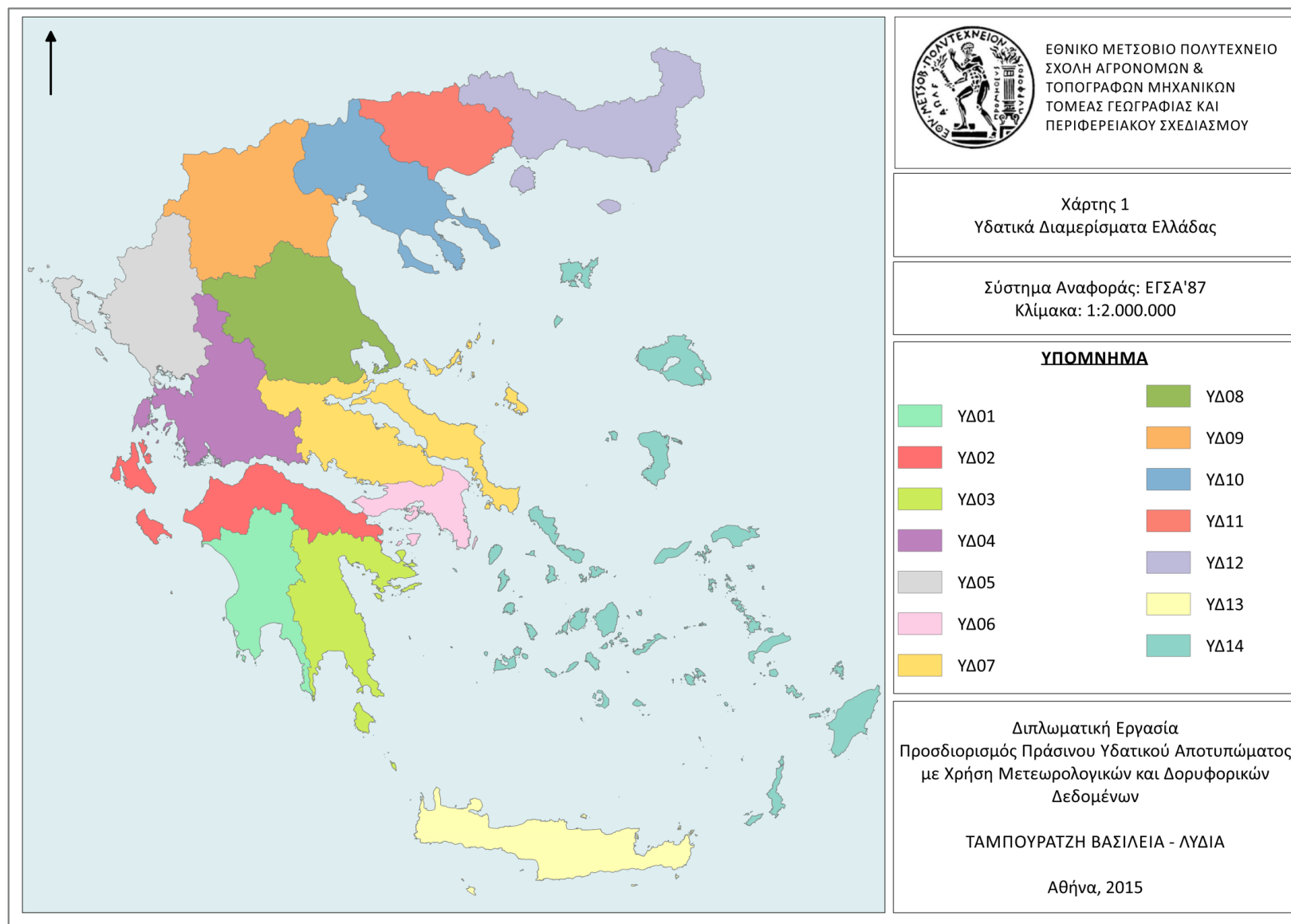


Εικόνα 39 – Προσέγγιση με Τηλεπισκοπικά Δεδομένα

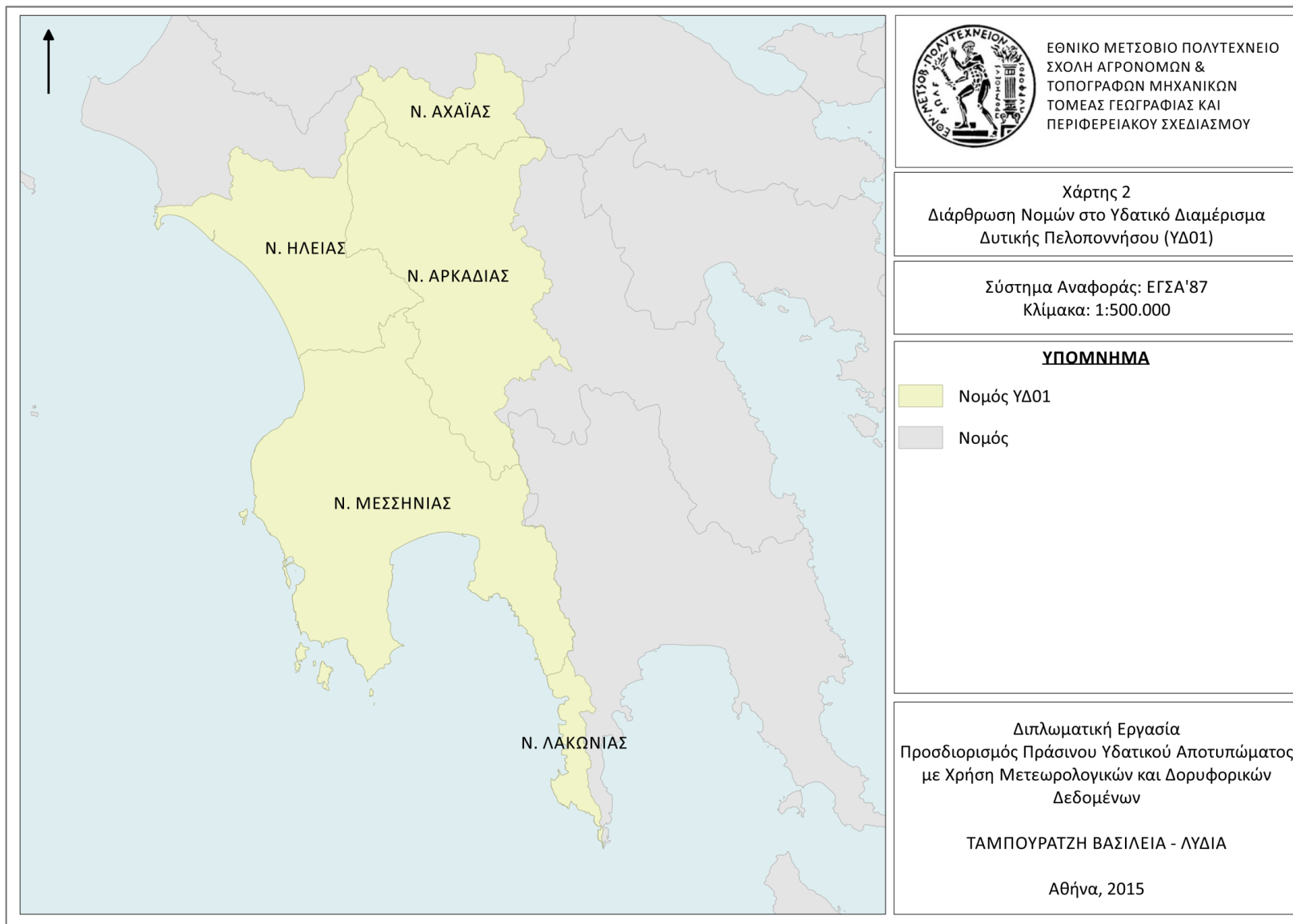


Εικόνα 40 – Προσέγγιση με Τηλεπισκοπικά Δεδομένα

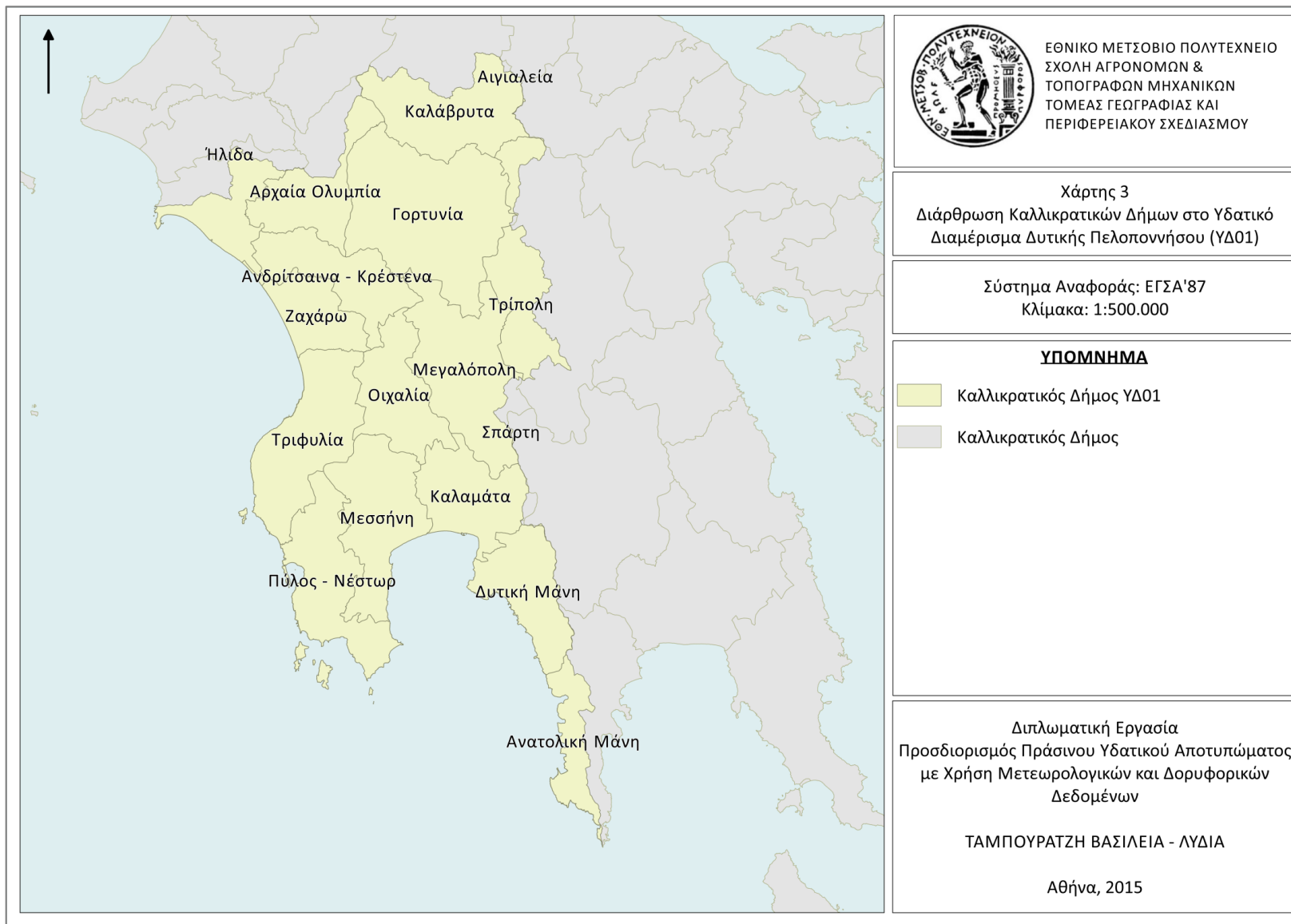
Παράρτημα Χαρτών



Χάρτης 1



Χάρτης 2



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ &
ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Χάρτης 3
Διάρθρωση Καλλικρατικών Δήμων στο Υδατικό
Διαμέρισμα Δυτικής Πελοποννήσου (ΥΔ01)

Σύστημα Αναφοράς: ΕΓΣΑ'87
Κλίμακα: 1:500.000

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

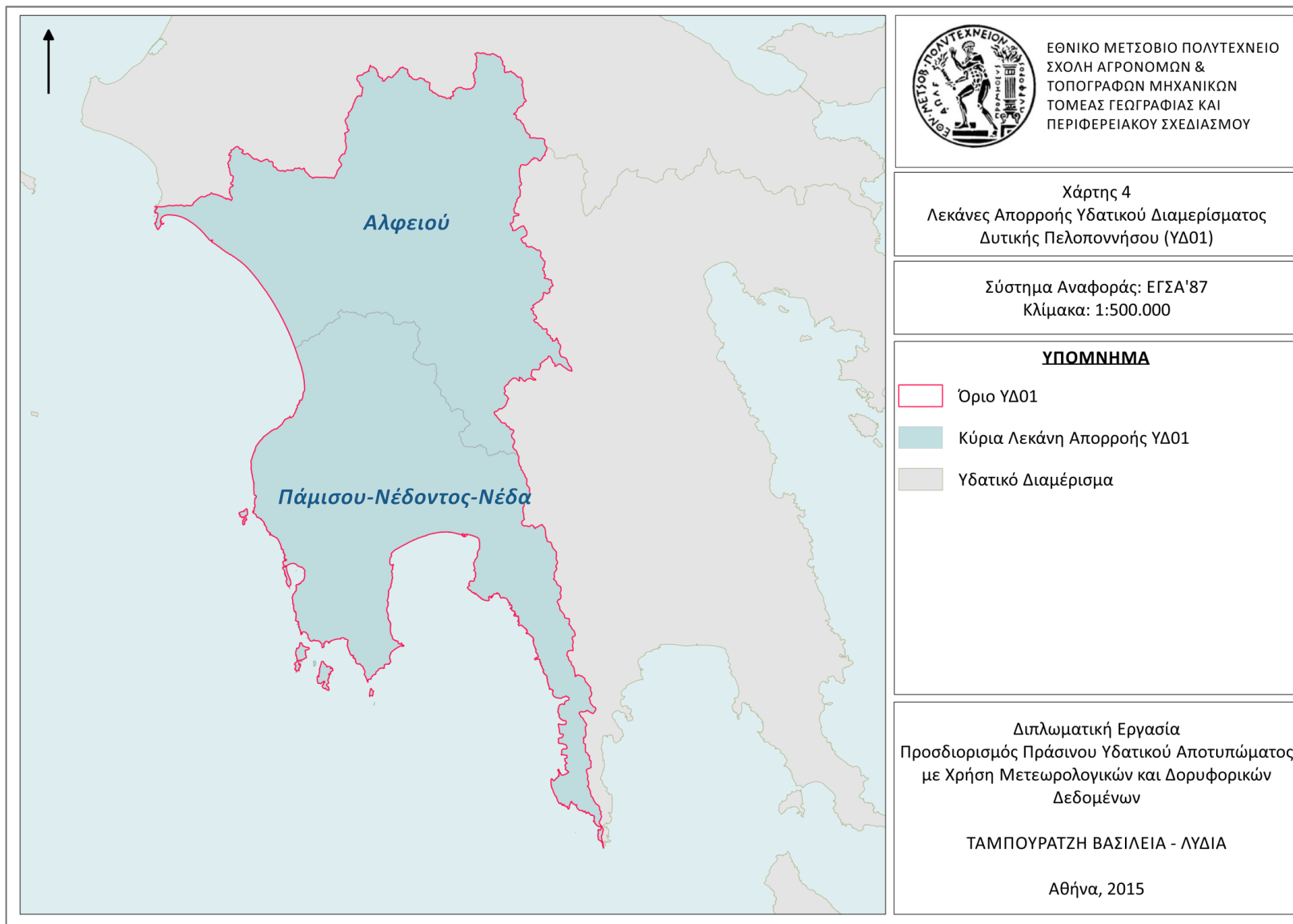
- Καλλικρατικός Δήμος ΥΔ01
- Καλλικρατικός Δήμος

Διπλωματική Εργασία
Προσδιορισμός Πράσινου Υδατικού Αποτυπώματος
με Χρήση Μετεωρολογικών και Δορυφορικών
Δεδομένων

ΤΑΜΠΟΥΡΑΤΖΗ ΒΑΣΙΛΕΙΑ - ΛΥΔΙΑ

Αθήνα, 2015

Χάρτης 3






ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ &
 ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
 ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ
 ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Χάρτης 4
 Λεκάνες Απορροής Υδατικού Διαμερίσματος
 Δυτικής Πελοποννήσου (ΥΔ01)

Σύστημα Αναφοράς: ΕΓΣΑ'87
 Κλίμακα: 1:500.000

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

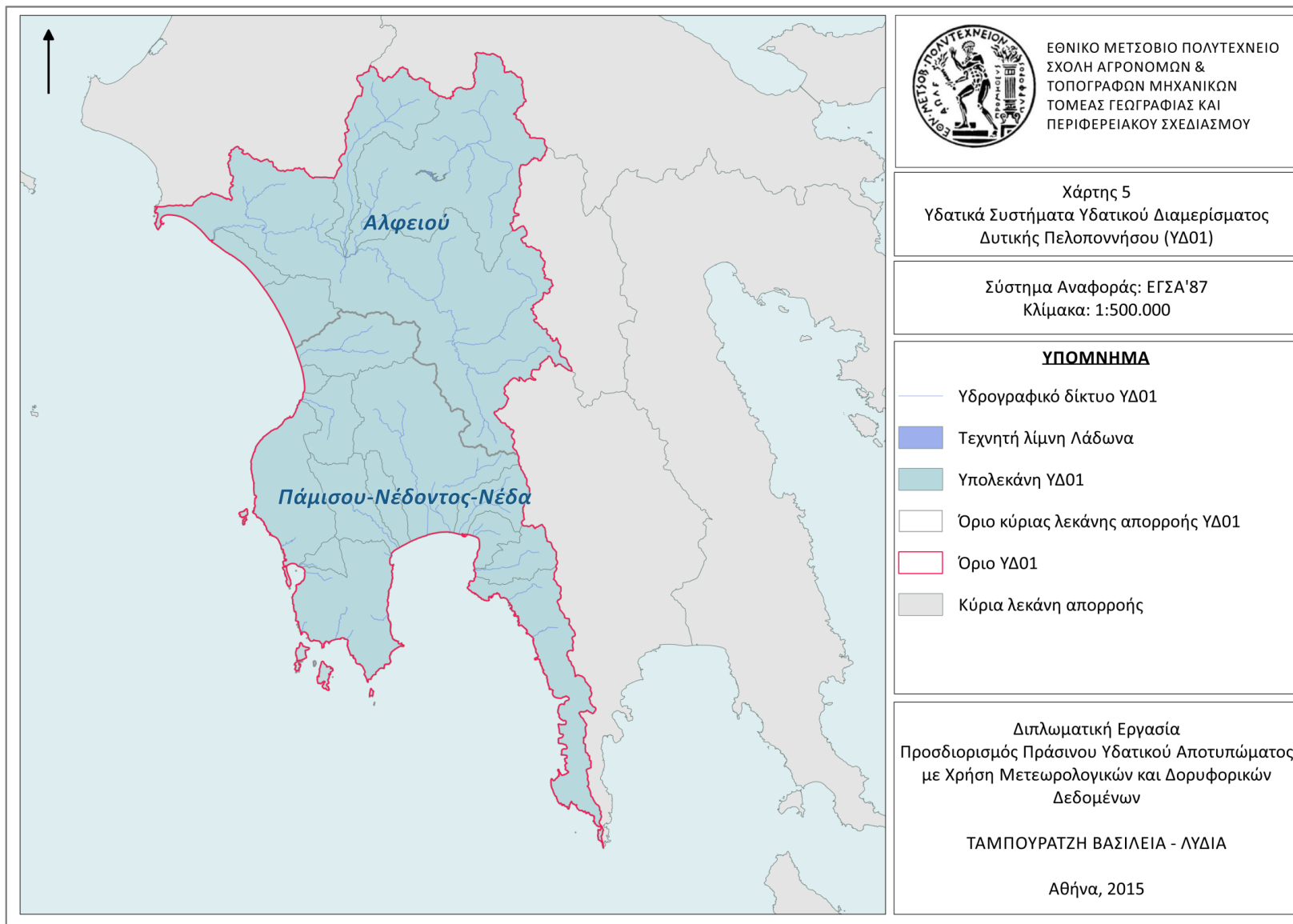
-  Όριο ΥΔ01
-  Κύρια Λεκάνη Απορροής ΥΔ01
-  Υδατικό Διαμέρισμα

Διπλωματική Εργασία
 Προσδιορισμός Πράσινου Υδατικού Αποτυπώματος
 με Χρήση Μετεωρολογικών και Δορυφορικών
 Δεδομένων

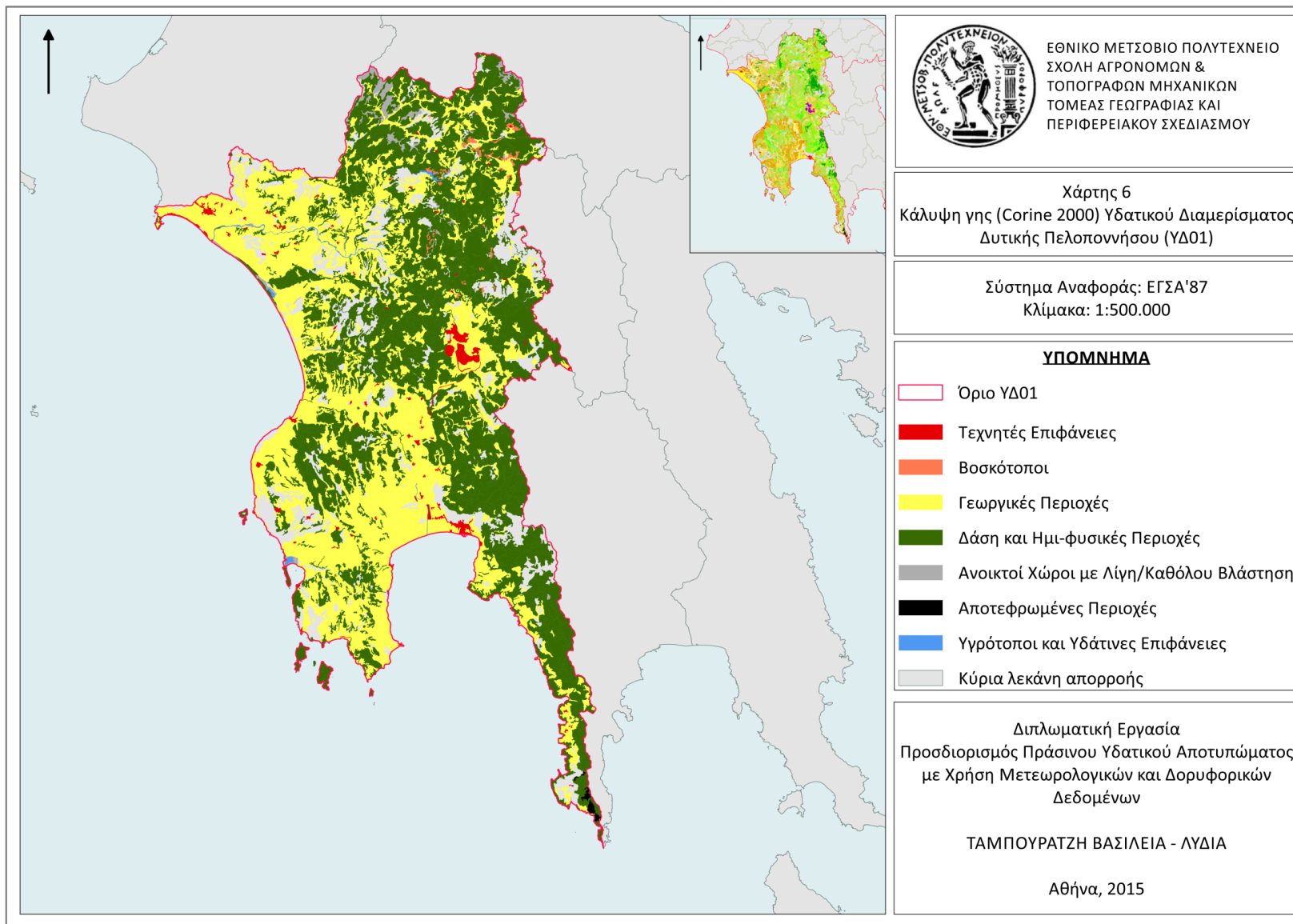
ΤΑΜΠΟΥΡΑΤΖΗ ΒΑΣΙΛΕΙΑ - ΛΥΔΙΑ

Αθήνα, 2015

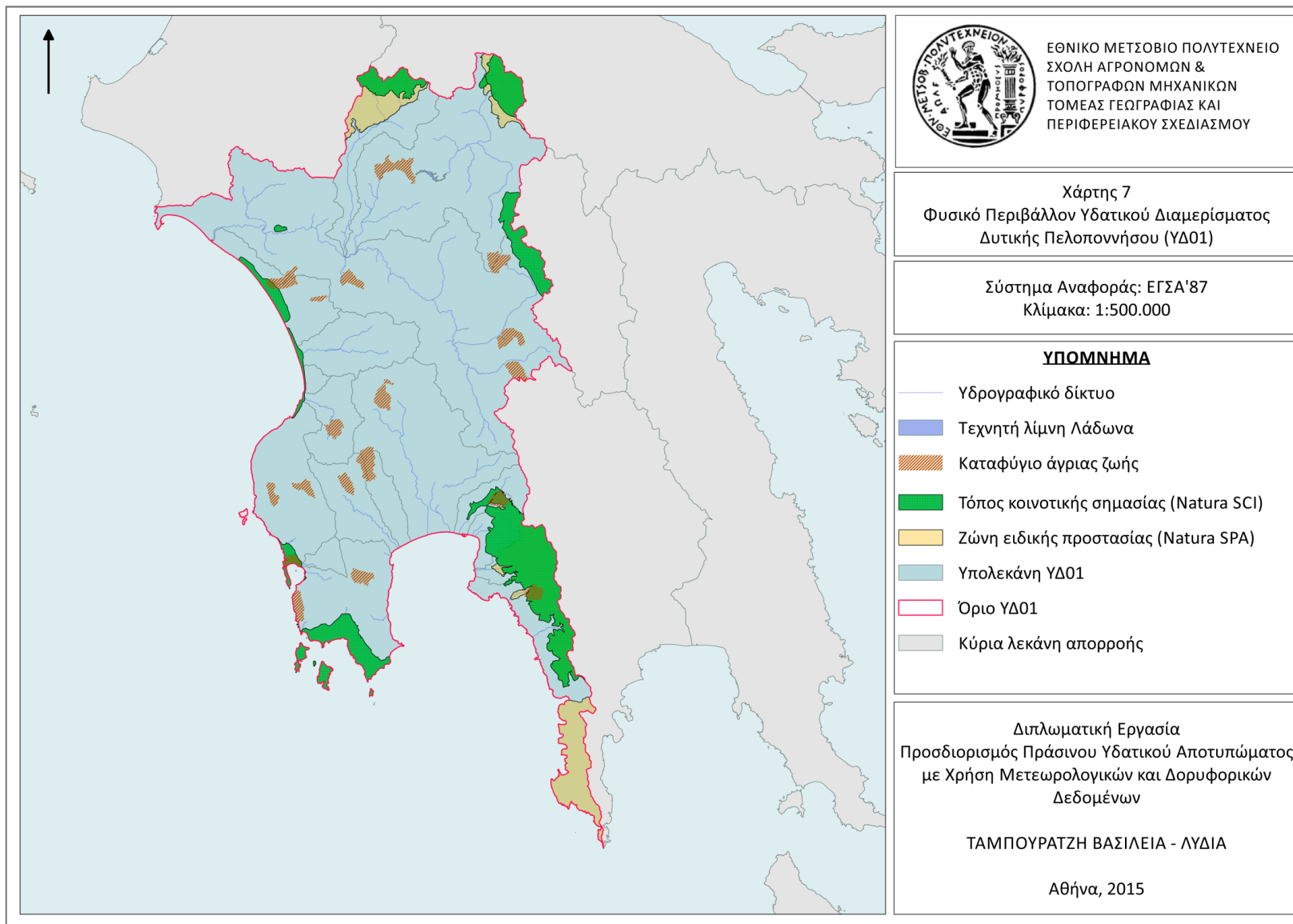
Χάρτης 4



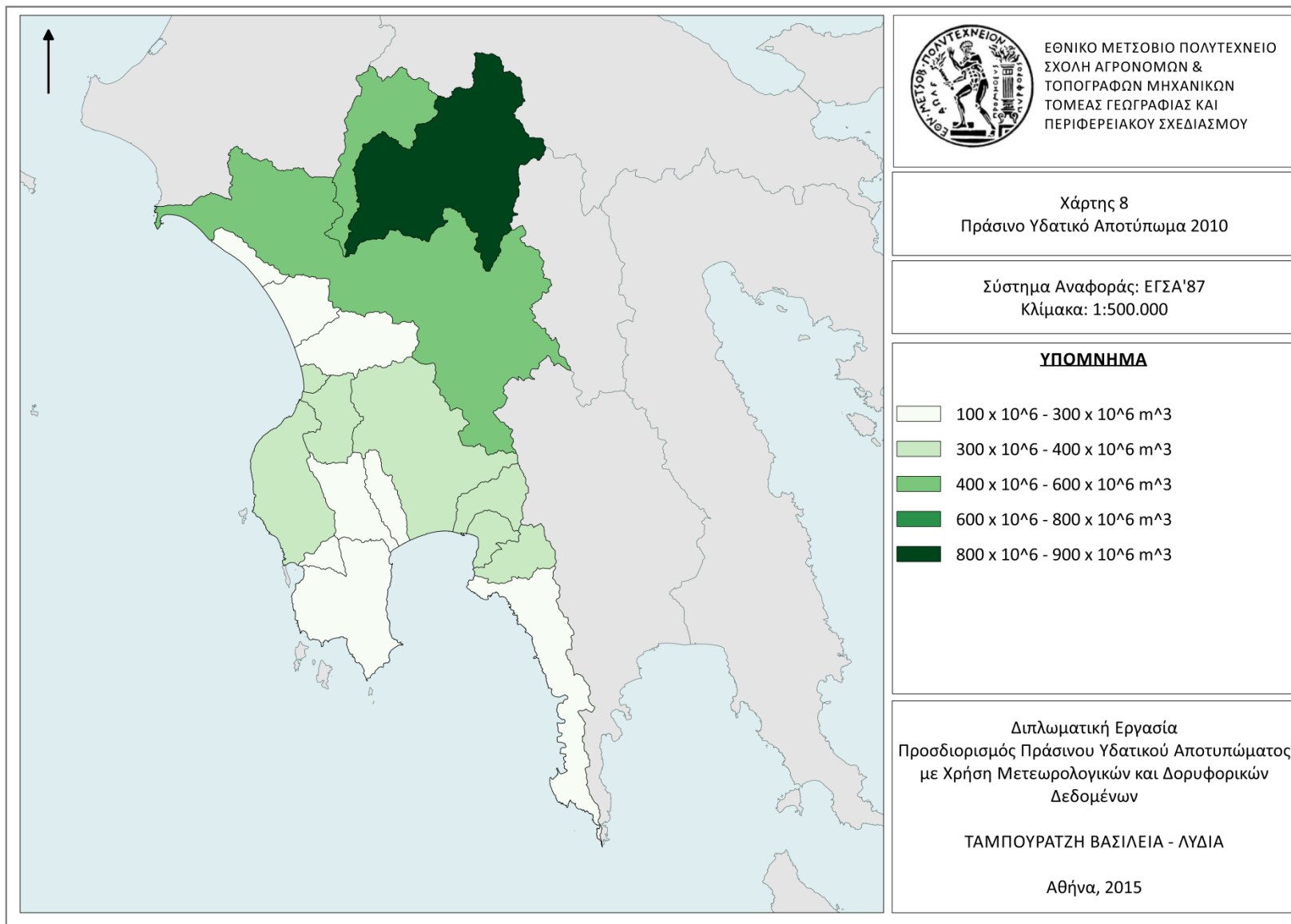
Χάρτης 5



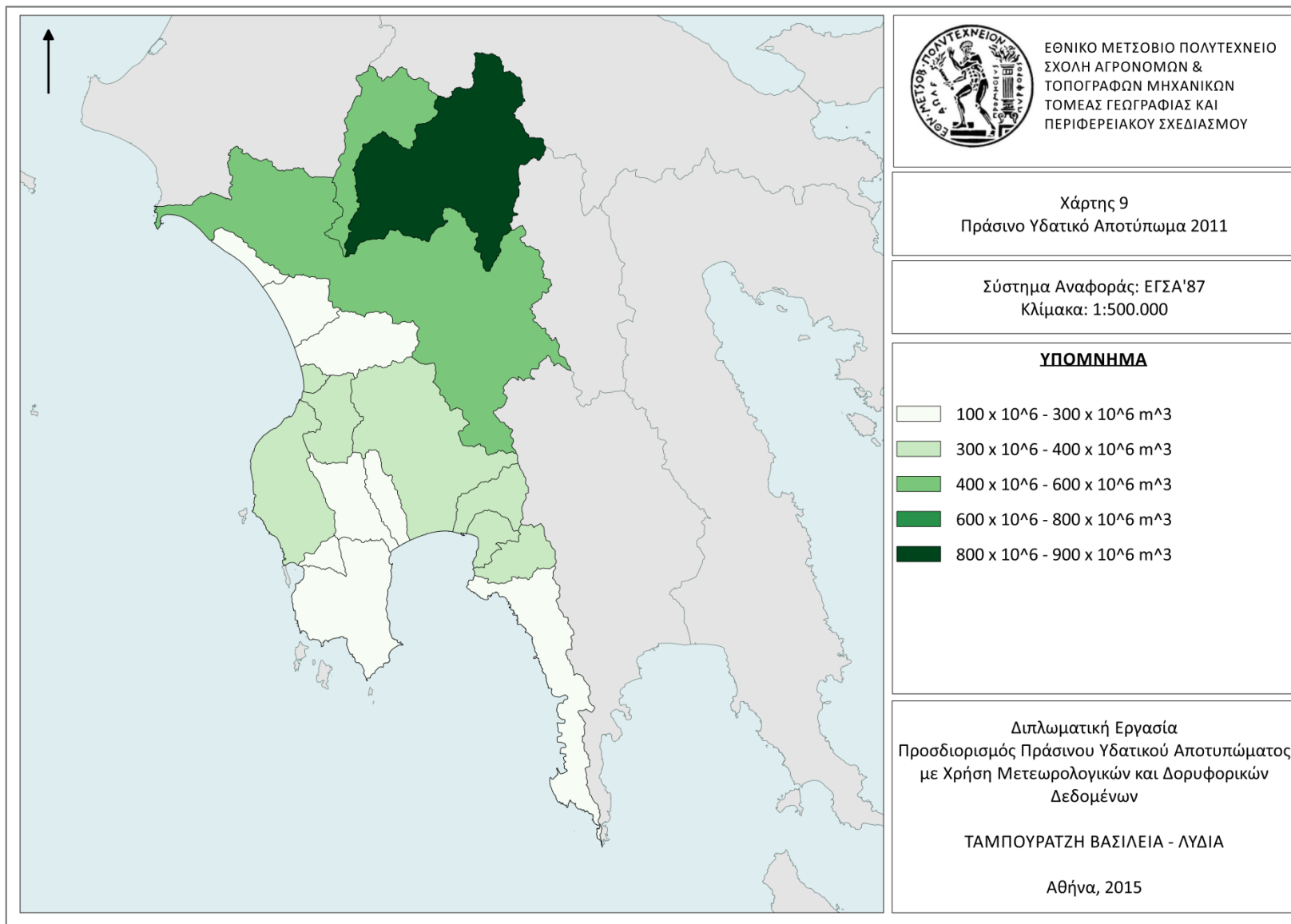
Χάρτης 6



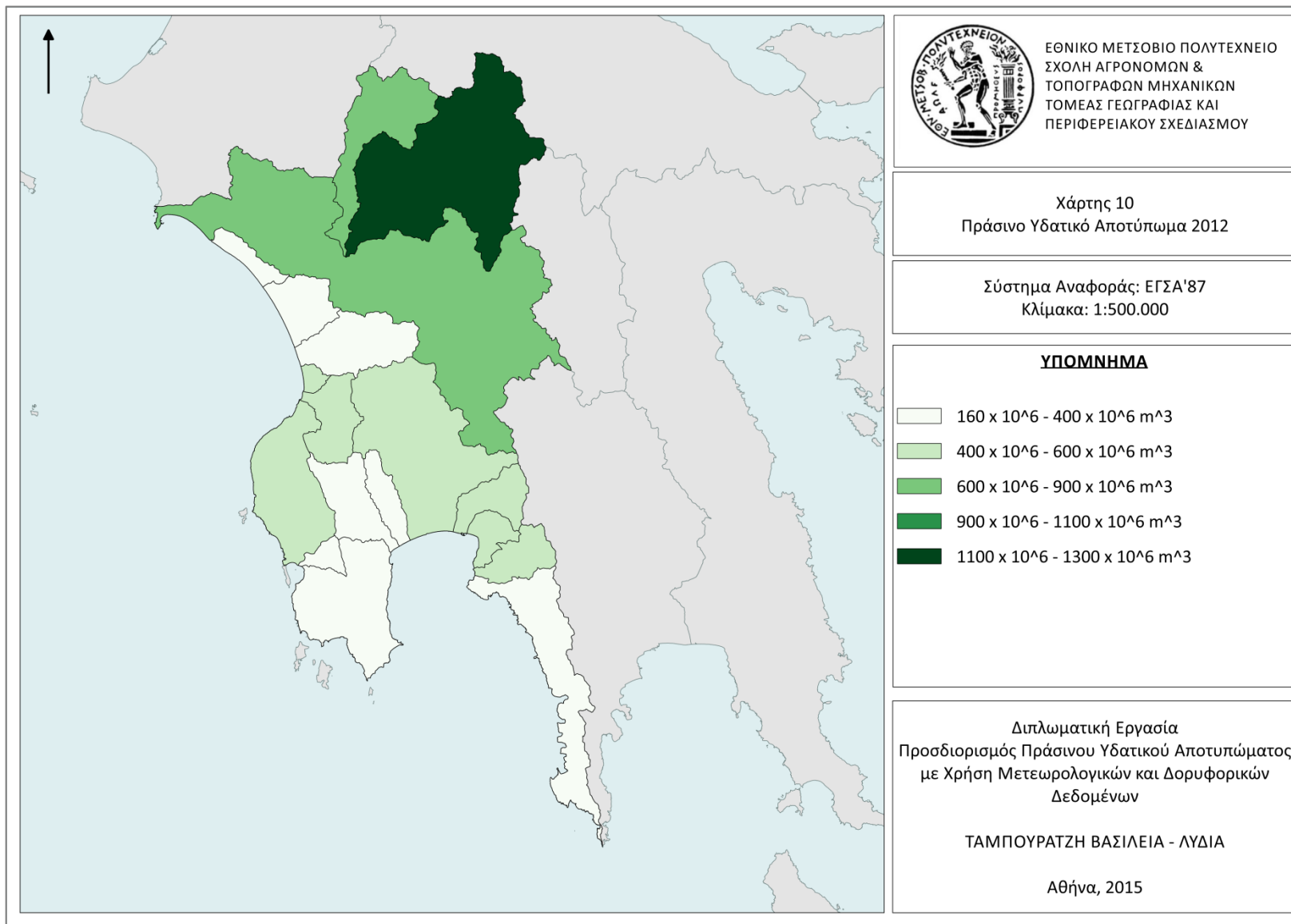
Χάρτης 7



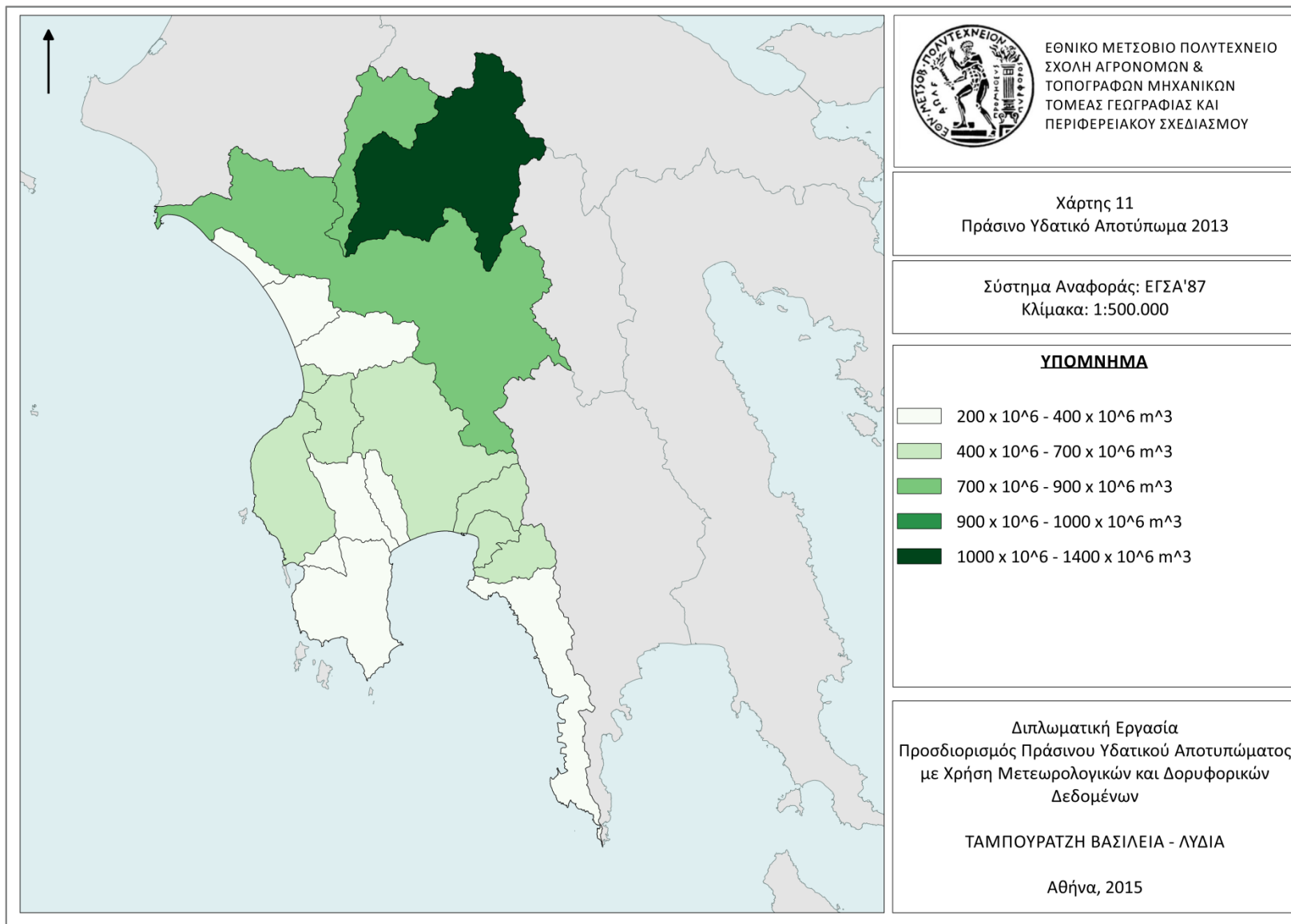
Χάρτης 8 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



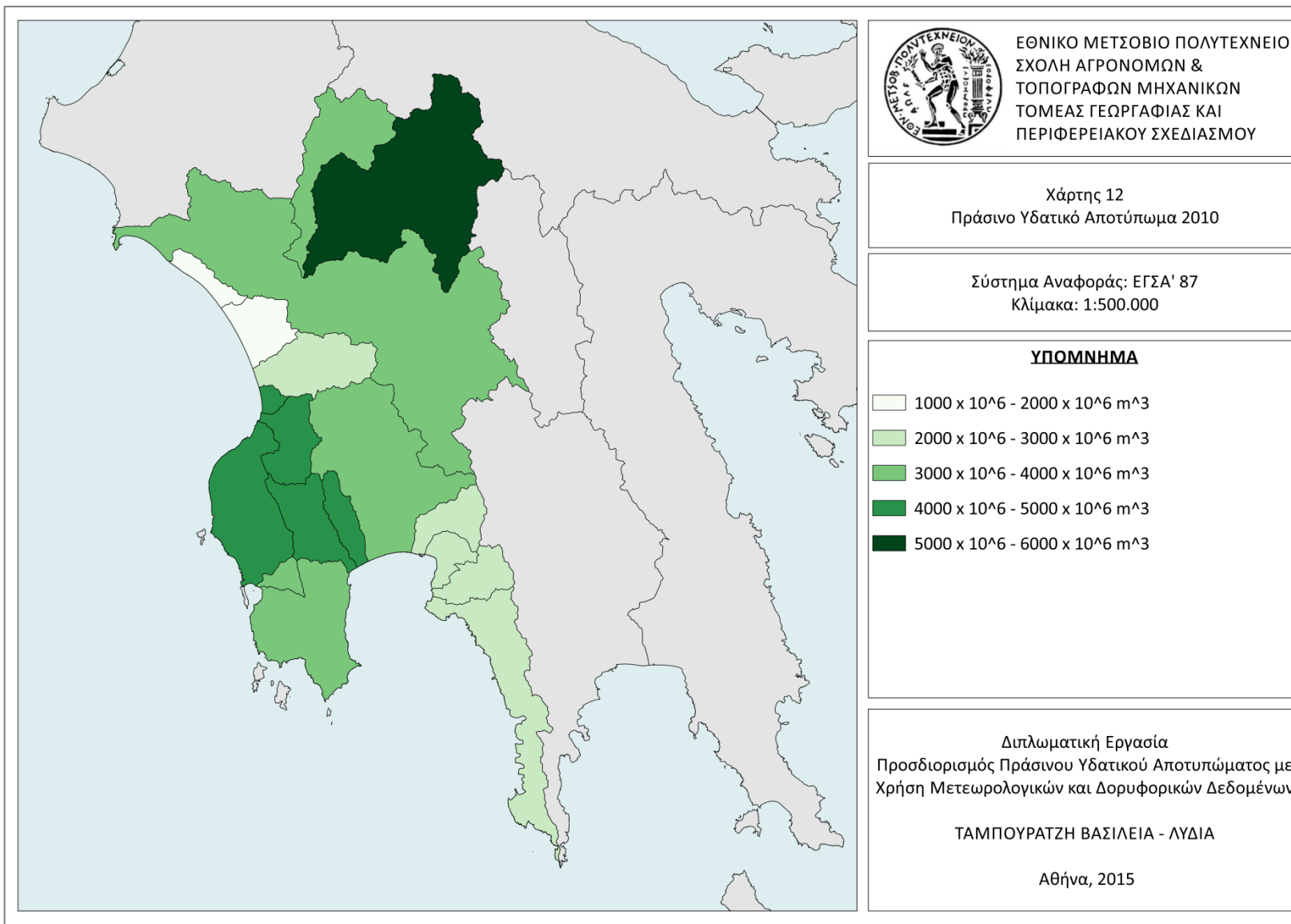
Χάρτης 9 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



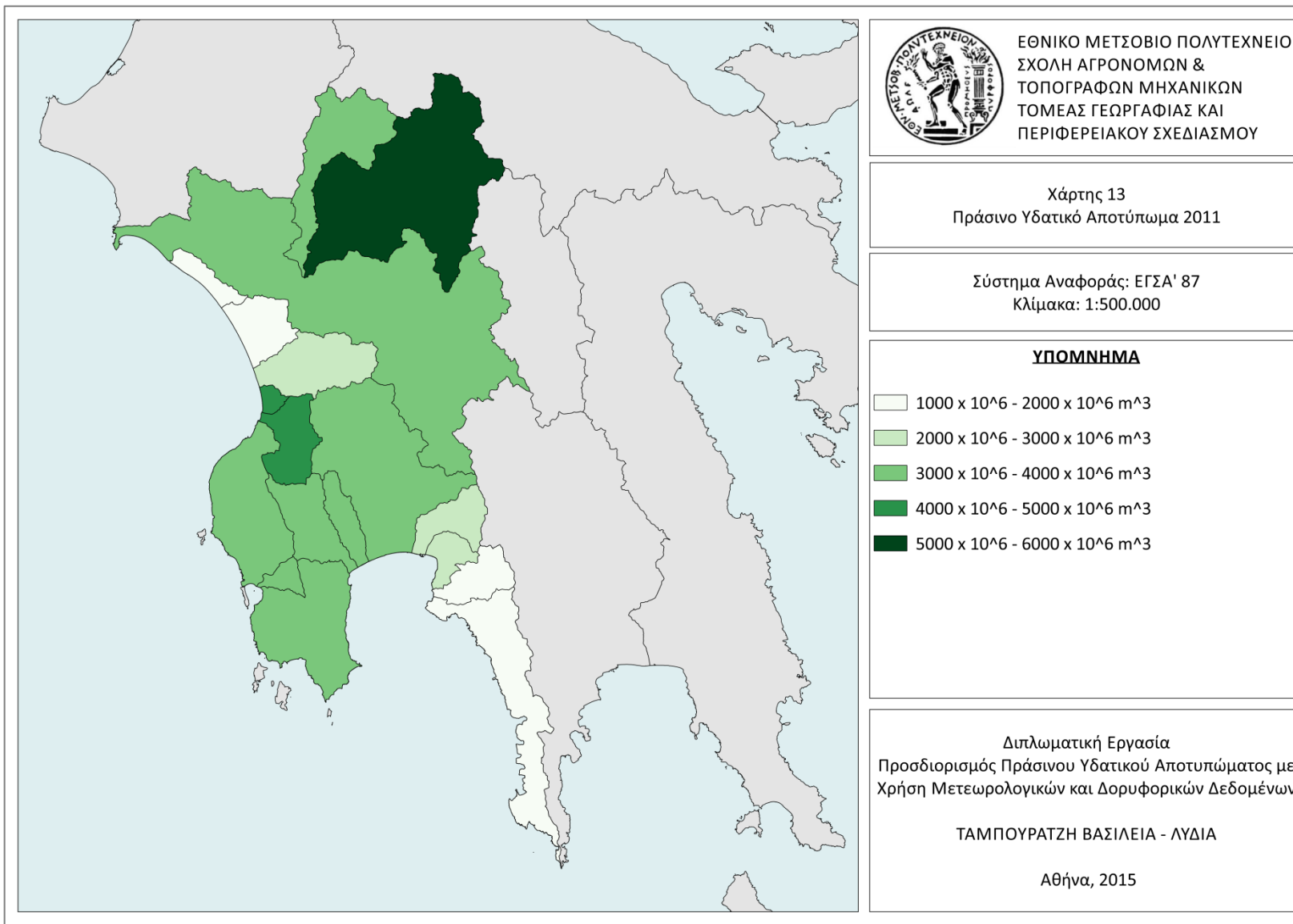
Χάρτης 10 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



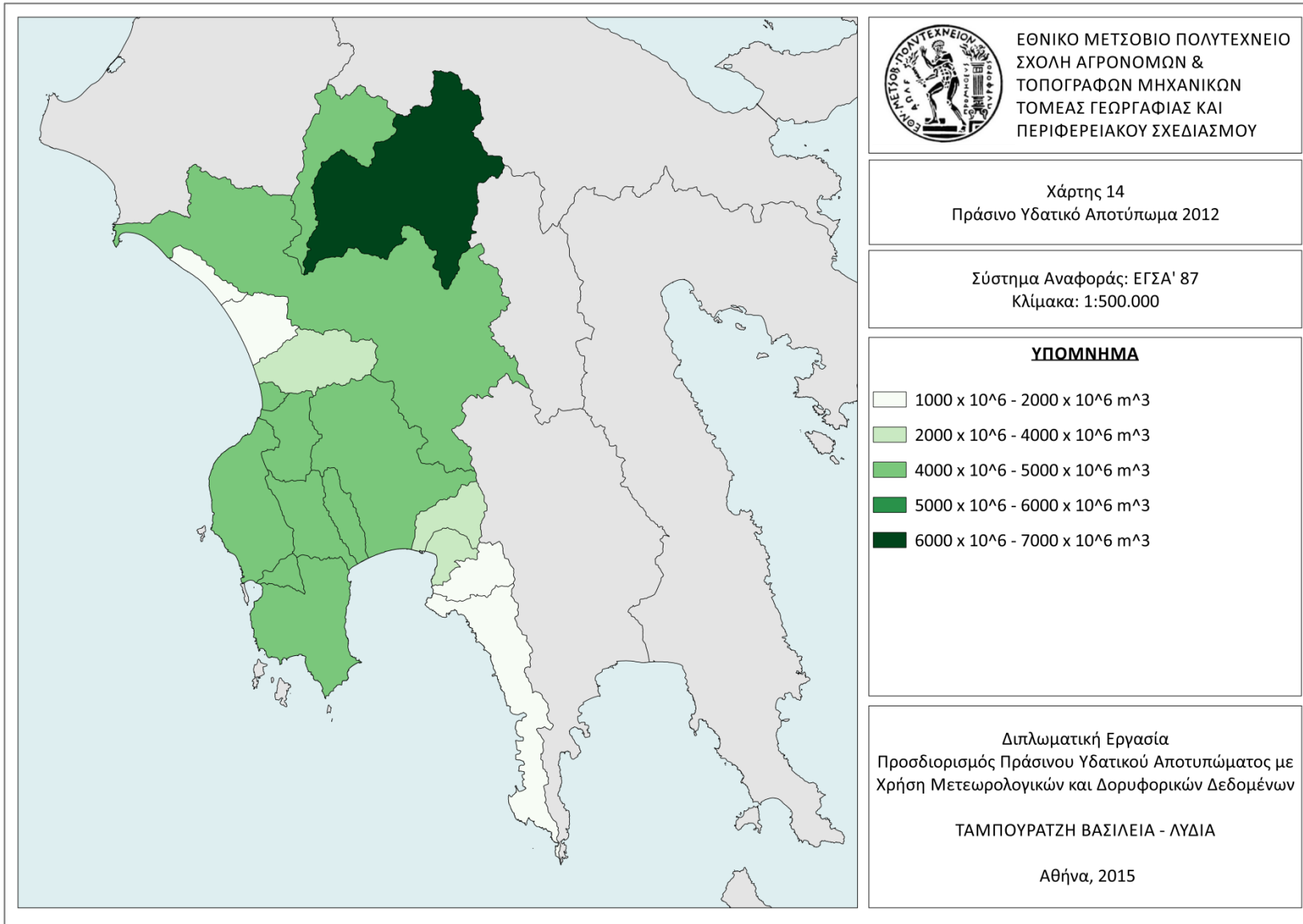
Χάρτης 11 – Προσέγγιση με Μετεωρολογικά Δεδομένα



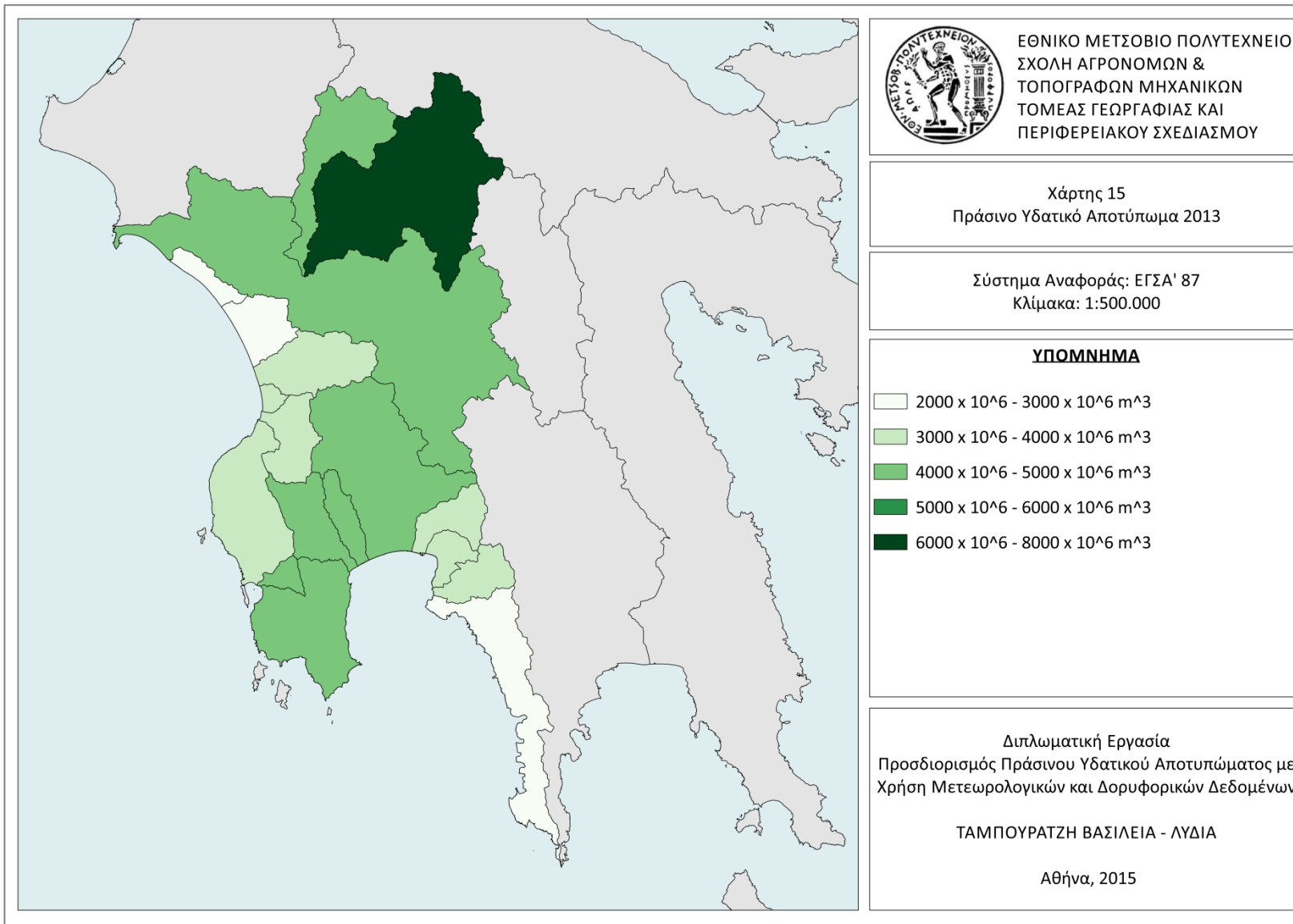
Χάρτης 12 – Προσέγγιση με Δορυφορικά Δεδομένα



Χάρτης 13 – Προσέγγιση με Δορυφορικά Δεδομένα



Χάρτης 14 – Προσέγγιση με Δορυφορικά Δεδομένα



Χάρτης 15 – Προσέγγιση με Δορυφορικά Δεδομένα