



RSLab

Remote Sensing Laboratory
National Technical University of Athens
✓ Sensing ✓ Analytics ✓ Monitoring



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΠΜΣ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ | ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΜΕ
ΧΡΗΣΗ ΕΜΠΕΙΡΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Ταμπουρατζή Βασιλεία – Λυδία, Αγρονόμος & Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Αρ. Μητρώου ΤΕΕ: 142681 - lydia.tampouratzi@gmail.com

ΑΘΗΝΑ, Ιούνιος 2018



RSLab

Remote Sensing Laboratory
National Technical University of Athens
✓ Sensing ✓ Analytics ✓ Monitoring



**NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF RURAL AND SURVEYING ENGINEERING
POST-GRADUATE PROGRAMME - GEOINFORMATICS
DEPARTMENT OF TOPOGRAPHY | REMOTE SENSING LABORATORY**

MASTER THESIS

**ASSESSING EMPIRICAL MODELS AND REMOTE SENSING PRODUCTS
TO ESTIMATE GREEN WATER FOOTPRINT**

Tampouratzi Vasileia – Lydia, Rural & Surveying Engineer

ATHENS, June 2018



RSLab

Remote Sensing Laboratory
National Technical University of Athens
✓ Sensing ✓ Analytics ✓ Monitoring



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΠΜΣ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ | ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΜΠΕΙΡΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Ταμπουρατζή Βασιλεία – Λυδία, Αγρονόμος & Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Αρ. Μητρώου ΤΕΕ: 142681 - lydia.tampouratzi@gmail.com

Επιβλέπων Καθηγητής:

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

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Αργιαλάς Δημήτριος

Καράντζαλος Κωνσταντίνος

Παπαδοπούλου Μαρία

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Επ. Καθ. Ε.Μ.Π.

Αν. Καθ. Ε.Μ.Π.

.....

.....

.....

ΑΘΗΝΑ, Ιούνιος 2018

Copyright © Ταμπουρατζή Βασιλεία – Λυδία, 2018

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, η αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα., Ερωτήματα που αφορούν στη χρήση εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία με τίτλο «ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΜΠΕΙΡΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ», εκπονήθηκε στο πλαίσιο ολοκλήρωσης του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ» του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Ολοκληρώνοντας την εργασία αυτή, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συμμετείχαν άμεσα ή έμμεσα στην υλοποίηση της, ξεκινώντας από τον κ Κωνσταντίνο Καράντζαλο, Επίκουρο Καθηγητή στον Τομέα Τοπογραφίας, στο Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης ΣΑΤΜ/ΕΜΠ και την κ. Μαρία Παπαδοπούλου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια στον Τομέα Γεωγραφίας και Περιφερειακού Σχεδιασμού ΣΑΤΜ/ΕΜΠ, σε συνεργασία με τους οποίους διαμορφώθηκε το θέμα της εργασίας και χωρίς την καθοδήγηση των οποίων δεν θα είχα φτάσει σε αυτό το σημείο.

Επιπλέον, ευχαριστώ ιδιαίτερω τον Αντώνη Μπεζέ, για την πολύτιμη βοήθεια του στο προγραμματιστικό κομμάτι και τον αδερφό μου Οδυσσέα για το εξώφυλλο.

Τέλος, το μεγαλύτερο ευχαριστώ το οφείλω στους ανθρώπους που στάθηκαν δίπλα μου με όλους τους δυνατούς τρόπους καθόλη τη διάρκεια της έως τώρα πορείας μου στο ΕΜΠ.

Λυδία

**RSLab**Remote Sensing Laboratory
National Technical University of Athens
✓ Sensing ✓ Analytics ✓ Monitoring**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΠΜΣ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ | ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΜΠΕΙΡΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη

Η ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων είναι πλέον ιδιαίτερα σημαντική, καθώς οι υδατικές πιέσεις, ολοένα και αυξάνονται. Συνεπώς, έχει διαμορφωθεί σχετικό νομοθετικό πλαίσιο σε διεθνές και εθνικό επίπεδο, το οποίο θέτει τις απαραίτητες κατευθύνσεις, και προτείνει τον σχεδιασμό εργαλείων αποτίμησης των υδατικών πιέσεων, όπως είναι το Υδατικό Αποτύπωμα (ΥΑ). Το ΥΑ χρησιμοποιείται για την ανάδειξη της ποσότητας νερού που υπάρχει - εμφανώς ή όχι - 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 νερού.

Στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία, περιοχή μελέτης αποτέλεσε το Υδατικό Διαμέρισμα Κρήτης (ΥΔ13), ως γεωγραφικά περιορισμένο και αυτόνομο κλιματολογικά, υδρολογικά και γεωμορφολογικά, σε σχέση με τα υπόλοιπα ΥΔ της χώρας. Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν για την πράσινη συνιστώσα, για την περίοδο 2000-2012, για τις καλύψεις γης: βοσκοτόπια, καλλιέργειες και δασικές εκτάσεις. Ο υπολογισμός του $ΥΑ_{πρ}$ υλοποιήθηκε σύμφωνα με την ογκομετρική προσέγγιση, όπου βασικές συνιστώσες είναι η δυνητική εξατμισοδιαπνοή (ET_p) και η ωφέλιμη βροχόπτωση (P_{eff}), οι οποίες προσεγγίστηκαν με εμπειρικές μεθόδους. Για την εφαρμογή της μεθοδολογίας σχεδιάστηκε υπολογιστικός αλγόριθμος σε ArcPy.

Συμπερασματικά, οι υδατικές πιέσεις στην Κρήτη, καταγράφηκαν ως σταθερές και χαμηλές διαχρονικά, εξαιτίας της κάλυψης γης κυρίως από βοσκοτόπους, οι οποίοι παρουσίασαν τις χαμηλότερες απαιτήσεις σε νερό, έναντι των περιοχών που καλύπτονται από δέντρα (γεωργικές και δασικές εκτάσεις). Αναδείχθηκε επιπλέον, η σημασία της εναρμόνισης των εθνικών και διεθνών βάσεων δεδομένων, αλλά και η ανάγκη παραμετροποίησης του αλγορίθμου, εξαιτίας των συσχετίσεων που εντοπίστηκαν μεταξύ των τελικών δεδομένων και του υψόμετρου, της έκτασης των λεκανών απορροής ποταμού (ΛΑΠ) και της συμμετοχής κάθε κάλυψης γης σε μια ΛΑΠ.

Εν κατακλείδι, τα αποτελέσματα της εργασίας καταδεικνύουν ότι ο προσδιορισμός της μπλε συνιστώσας του ΥΑ είναι απαραίτητος ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα που θα οδηγήσουν σε μέτρα διαχείρισης των υδατικών πόρων της περιοχής, αλλά και η αναγωγή σε κοινωνικοπολιτικό επίπεδο. Επιπλέον, μεταξύ των μελλοντικών βημάτων συμπεριλαμβάνονται έλεγχοι των τελικών αποτελεσμάτων, συγκρίνοντάς διαφορετικά σενάρια υλοποίησης της μεθοδολογίας, όπως για παράδειγμα χρησιμοποιώντας αμιγώς τηλεπισκοπικά δεδομένα.

Λέξεις κλειδιά: Διαχείριση Υδάτινων Πόρων, Υδατικό Αποτύπωμα (ΥΑ), πράσινη συνιστώσα, εμπειρικές μέθοδοι, δυνητική εξατμισοδιαπνοή (ET_p), ωφέλιμη βροχόπτωση (P_{eff}), λεκάνη απορροής ποταμού (ΛΑΠ), Υδατικό Διαμέρισμα Κρήτης (ΥΔ13), ArcPy

**RSLab**Remote Sensing Laboratory
National Technical University of Athens
✓ Sensing ✓ Analytics ✓ Monitoring**NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF RURAL AND SURVEYING ENGINEERING
POST-GRADUATE PROGRAMME - GEOINFORMATICS
DEPARTMENT OF TOPOGRAPHY | RSLab****ASSESSING EMPIRICAL MODELS AND REMOTE SENSING PRODUCTS FOR ESTIMATING GREEN
WATER FOOTPRINT***Abstract*

The constantly increasing water stress nowadays entails a sustainable water management. International and national frameworks have been established to inaugurate directions whereas suggesting tools to evaluate water stress like the Water Footprint (WF). WF indicator, illustrates the amount of water consumed throughout the production process of goods and services. It consists of three components: blue, green and grey, designated to examine a different type of supply and demand of water.

This master thesis included the Water District of Crete (GR13) as study area, that is defined geographically and environmentally independent, compared to other Water Districts in Greece. The green component of WF indicator is defined for three main land uses; croplands, pastures and woodlands, in a 12-year period (2000-2012). The assessment of green WF (WF_{green}) is performed using the volumetric approach of WF, where the potential evapotranspiration (ET_p) and the effective precipitation (P_{eff}) constitute basic components. Empirical methods are used to estimate the above-mentioned components. A script in ArcPy is developed, for every different step of the assessment procedure.

Water stress in Crete, presents to be stable and low during the years, due to the landcover consisting mainly of pastures. Pastures are the landcover with the lowest demand in water supplies, compared to the land cover of trees (croplands and forests). On top of that the attunement of national and international databases is significant, along with the configuration of the algorithm. This will enable the independence of data correlations between altitude, area of water basin and the percentage of a landcover in any basin.

The assessment of the blue component of WF indicator is also significant to form conclusions and shape proper water management policies. Examining the results within a sociopolitical context should be considered. The correlation of the results of the same procedure using remote sensing data instead of meteorological (ground truth) data could be also evaluated.

Keywords: Water Resources Management, Water Footprint (WF), green component, empirical methods, potential evapotranspiration (ET_p), effective precipitation (P_{eff}), river basin, Water District of Crete (GR13), ArcPy

Περιεχόμενα

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1	Υδάτινο Στοιχείο και Διαχείριση Υδάτινων Πόρων.....	2
1.2	Αντικείμενο & Σκοπός της Μεταπτυχιακής Εργασίας.....	3
1.3	Διάρθρωση Μεταπτυχιακής Εργασίας.....	4
2	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	5
2.1	Υδατικές Πιέσεις	6
2.2	Θεσμικό Πλαίσιο.....	8
2.3	Βασικές Έννοιες	11
3	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	18
3.1	Ορισμός Περιοχής Μελέτης.....	19
3.1.1	Φυσικά Χαρακτηριστικά Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης (ΥΔ13).....	19
3.1.2	Ανθρωπογενή Χαρακτηριστικά Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης (ΥΔ13).....	27
3.1.3	Χρήσεις Γης.....	29
3.2	Προσδιορισμός Υδατικού Αποτυπώματος.....	34
3.3	Προσδιορισμός της Πράσινης Συνιστώσας του Υδατικού Αποτυπώματος (WF_{gr})	36
3.3.1	Προσδιορισμός της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (ET_p)	38
3.4	Συλλογή & Προεπεξεργασία Γεωχωρικών Δεδομένων	40
3.4.1	Προσδιορισμός συντελεστή K_c από δεδομένα MODIS.....	54
4	ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ [WF_{green}]	57
5	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	64
5.1	Αποτελέσματα κατ' έτος	65
5.2	Συγκριτική ανάλυση αποτελεσμάτων	74
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	86
6.1	Γενικά συμπεράσματα	87
6.2	Συμπεράσματα σε σχέση με τη μεθοδολογία που υλοποιήθηκε	89
6.3	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	90

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	92
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	98
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	99
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	102
ΠΑΡΑΤΗΜΑ Α.....	103
ΠΑΡΑΤΗΜΑ Β.....	115
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	157

Γλωσσάρι

YA - WF	Υδατικό Αποτύπωμα (m^3/t) – Water Footprint
YA _{πρ} - WF _{gr}	Πράσινη συνιστώσα YA – Green Water Footprint
YA _{μπ} – WF _b	Μπλε συνιστώσα YA – Blue Water Footprint
YA _{γκρι} – WF _{grey}	Γκρι συνιστώσα YA – Grey Water Footprint
ΥΔ	Υδατικό Διαμέρισμα
ET _p (mm)	Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή - Potential Evapotranspiration
P _{eff} (mm)	Ωφέλιμη βροχόπτωση - Effective Precipitation
CWU _{gr} ($m^3/στρ$)	Πράσινη υδατική χρήση
CWU _b ($m^3/στρ$)	Μπλε υδατική χρήση
C _{max} (mg/l)	Μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση ρύπου στο υδατικό σύστημα
C _{nat} (mg/l)	Φυσική (υπάρχουσα) συγκέντρωση ρύπου στον υδατικό αποδέκτη
AR (kg/στρ)	Ποσότητα ρύπου που εφαρμόζεται στην εκάστοτε καλλιέργεια
α	Ποσοστό ρύπου που εισχωρεί στο υδατικό σύστημα
P (mm)	Μέση μηνιαία βροχόπτωση
Kc	Εμπειρικός μηνιαίος συντελεστής συναρτήσει του φυτού και του κλίματος
f (mm/day)	Μηνιαίος κλιματικός παράγοντας
ρ	Μέσο ημερήσιο ποσοστό συνολικής ετήσιας διάρκειας ωρών ημέρας
T (°C)	Μέση μηνιαία θερμοκρασία
ET ₀ (mm)	Εξατμισοδιαπνοή Αναφοράς
E (στρ)	Έκταση χρήσης γης
Y (t/στρ)	Απόδοση καλλιέργειας
MF	Μηνιαίος συντελεστής που εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος
CH	Διορθωτικός παράγοντας για τη σχετική υγρασία RH
ΣΓΠ - GIS	Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών – Geographic Information System

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Υδάτινο Στοιχείο και Διαχείριση Υδάτινων Πόρων

Το νερό αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους φυσικούς πόρους πάνω στη Γη, ο οποίος απειλείται εξαιτίας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων αλλά και του αυξανόμενου πληθυσμού. Επιπλέον, κύριος παράγοντας της παγκόσμιας κρίσης νερού, αποτελεί η ανομοιόμορφη κατανομή του, αλλά και η δυσκολία πρόσβασης σε αυτό.

Συγκεκριμένα, σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η έλλειψη σε νερό δεν είναι τόσο έντονη όσο σε άλλες ηπείρους, είναι όμως ξεκάθαρο ότι δεν γίνεται ορθολογική διαχείριση των υφιστάμενων υδάτινων πόρων. Οι χρήσεις που επιβαρύνουν περισσότερο σε κάθε περίπτωση είναι οι δραστηριότητες της άρδευσης, της βιομηχανίας και του αστικού ιστού.

Δεδομένης λοιπόν της υφιστάμενης κατάστασης στην Ευρώπη, κρίσιμη θεωρήθηκε η διαμόρφωση ενός θεσμικού πλαισίου, κατάλληλου για την αποκατάσταση σε ποιότητα και ποσότητα των υδατικών πόρων αλλά και για την μελλοντική διαφύλαξή του από πιέσεις. Το πλαίσιο αυτό συνοψίζεται στην Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά (2000/60/ΕΚ) της ΕΕ, η οποία έχει απώτερο σκοπό να περιορίσει την υδατική υποβάθμιση και να θέσει τις βάσεις για την αποκατάσταση όλων των ευρωπαϊκών υδάτων.

Χαρακτηριστικά σημεία της εν λόγω Οδηγίας αποτελούν η διαχείριση σε επίπεδο υδατικού συστήματος και η συμμετοχή των πολιτών στο σχεδιασμό, τη λήψη των αποφάσεων και την παρακολούθηση υλοποίησης της Οδηγίας για τα νερά. Στην Ελλάδα το έργο του συντονισμού για την εφαρμογή της Οδηγίας Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ για τα Νερά έχει αναλάβει το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, μέσω της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων.

Η εφαρμογή της εν λόγω Οδηγίας 2000/60/ΕΚ οδήγησε σταδιακά στη δημιουργία εργαλείων αποτίμησης των υδατικών πιέσεων με τα οποία δύναται να εξαχθούν συμπεράσματα, χρησιμοποιώντας επίγειες (ground truth), εναέριες ή δορυφορικές παρατηρήσεις. Με τα εργαλεία αυτά, διευκολύνεται 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.

Εργαλείο αποτίμησης των υδατικών απαιτήσεων αποτελεί και ο δείκτης του Υδατικού Αποτύπωματος (*Hoekstra, 2002*), ο οποίος 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 (ΥΑ) μελετάται σε τρεις συνιστώσες: την πράσινη, την μπλε και την γκρι.

1.2 Αντικείμενο & Σκοπός της Μεταπτυχιακής Εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας αποτέλεσε η αποτίμηση της πράσινης συνιστώσας του υδατικού αποτυπώματος ($YA_{\text{πρ}}$), για συγκεκριμένη περιοχή μελέτης και για δεδομένο χρονικό διάστημα, χρησιμοποιώντας συνδυασμό μετεωρολογικών και τηλεπισκοπικών δεδομένων σε περιβάλλον Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ).

Ειδικότερα, το $YA_{\text{πρ}}$ υπολογίστηκε για τις καλλιέργειες, τους βοσκοτόπους και τις δασικές εκτάσεις που εντοπίζονται εντός των ορίων του Υδατικού Διαμερίσματος της Κρήτης (ΥΔ13), σε επίπεδο υπολεκανών απορροής, σε βάθος χρόνου 12 ετών, και ειδικότερα για τα έτη 2000, 2006 και 2012. Η διαδικασία υπολογισμού, αυτοματοποιήθηκε και εφαρμόστηκε με τη μορφή αλγορίθμου σε ArcPy.

Ο υπολογισμός του $YA_{\text{πρ}}$ πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την ογκομετρική προσέγγιση του YA (Hoekstra και Chapagain, 2007) κατά την οποία βασική παράμετρος για τον υπολογισμό του $YA_{\text{πρ}}$ αποτελεί η δυνητική εξατμισοδιαπνοή (ET_p). Η ET_p προσεγγίστηκε 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.

Σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ για τα νερά οι υδρολογικές αναλύσεις εφαρμόζονται σε επίπεδο υδατικών συστημάτων, για αυτό και ως ευρύτερη περιοχή μελέτης στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία ορίστηκε το ΥΔ13, ενώ ως υδατική μονάδα για τον υπολογισμό χρησιμοποιήθηκαν οι υπολεκάνες απορροής. Η εν λόγω περιοχή ενδείκνυται για τον προσδιορισμό του $YA_{\text{πρ}}$ καθώς καλύπτεται σε μεγάλο μέρος της από καλλιέργειες, βοσκοτόπους και δάση, η ανάπτυξη των οποίων εξαρτάται μερικώς ή εξ ολοκλήρου από το πράσινο νερό. Επιπλέον, η Κρήτη αποτελεί μία σχετικά αυτόνομη γεωγραφικά περιοχή.

Σκοπός της μεταπτυχιακής εργασίας αποτέλεσε ο υπολογισμός του $YA_{\text{πρ}}$, λαμβάνοντας υπόψιν όλους τους απαραίτητους περιορισμούς και συνυπολογίζοντας όλες τις παραμέτρους, μετά την ολοκλήρωση της αυτοματοποιημένης διαδικασίας υπολογισμού, ώστε να αξιολογηθούν τα αποτελέσματα και να συσχετισθούν οι υδατικές ανάγκες με τον χρόνο και την κάλυψη γης ανά υδατικό σύστημα.

1.3 Διάρθρωση Μεταπτυχιακής Εργασίας

Η εργασία διαρθρώθηκε σε έξι κεφάλαια, κάθε ένα από τα οποία αποτελείται από επιμέρους ενότητες και υποενότητες.

Στο 1^ο Κεφάλαιο «ΕΙΣΑΓΩΓΗ», τέθηκε το πρόβλημα της έλλειψης νερού και τονίστηκε η ανάγκη για την ορθολογική διαχείριση των υδάτινων πόρων. Παρουσιάστηκε η έννοια του Υδατικού Αποτυπώματος ως εργαλείο αποτίμησης των υδατικών αναγκών, όπως επίσης και η διάρθρωση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας.

Στο 2^ο Κεφάλαιο «ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ», παρουσιάστηκε η υφιστάμενη κατάσταση παγκοσμίως σε επίπεδο υδατικών πιέσεων και έγινε αναφορά σε βασικά σημεία του ισχύοντος θεσμικού πλαισίου περί υδάτων διεθνώς και σε σχέση με την ελληνική νομοθεσία. Ακόμη, αναλύθηκε η έννοια του Υδατικού Αποτυπώματος και αναφέρθηκαν οι τρόποι εκτίμησής του.

Στο 3^ο Κεφάλαιο «ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ», αρχικά ορίστηκε η Κρήτη ως περιοχή μελέτης για την οποία εκτιμήθηκε η πράσινη συνιστώσα του ΥΑ. Εντοπίστηκε η ακριβής της θέση καθώς και τα περιβαλλοντικά και ανθρωπογενή χαρακτηριστικά της και οι χρήσεις γης. Εν συνεχεία, έγινε η περιγραφή του τρόπου προσδιορισμού του συνολικού ΥΑ και αναλύθηκε η μεθοδολογία προσδιορισμού της πράσινης συνιστώσας αυτού, δίνοντας ιδιαίτερο βάρος στην παράμετρο της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής. Τέλος, παρουσιάστηκαν αναλυτικά τα αρχικά δεδομένα που συλλέχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό.

Στο 4^ο Κεφάλαιο «ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ [WFgreen]» παρουσιάστηκε ο αλγόριθμος που σχεδιάστηκε για την εφαρμογή της προαναφερθείσας στο 3^ο Κεφάλαιο μεθοδολογίας. Επισημάνθηκαν κάποια σημαντικά βήματα σε αυτόν, ενώ ο τελικός αλγόριθμος επισυνάπτεται στο Παράρτημα.

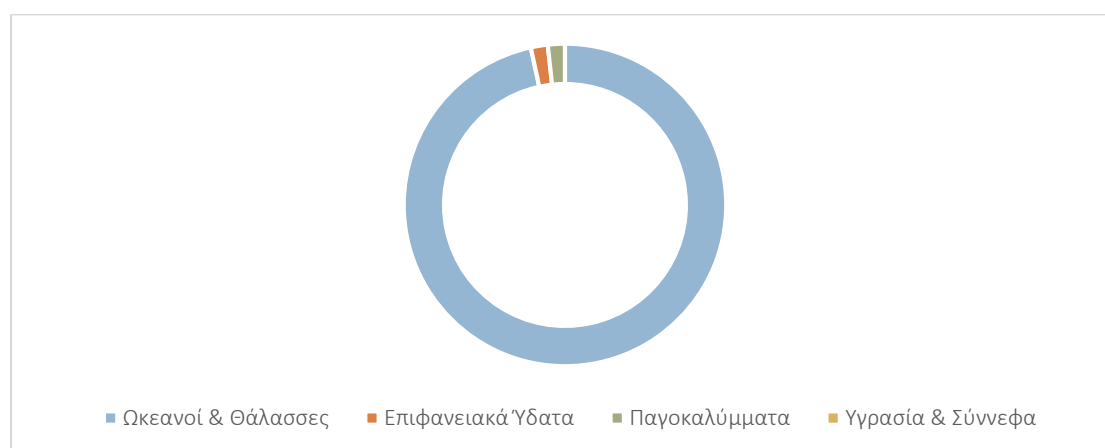
Στο 5^ο Κεφάλαιο «ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ», παρουσιάστηκαν και σχολιάστηκαν τα αποτελέσματα διαχρονικά, σε μορφή χαρτών και πινάκων, ενώ τέλος πραγματοποιήθηκε η συγκριτική τους ανάλυση σε χρονικό και χωρικό επίπεδο.

Στο 6^ο και τελευταίο Κεφάλαιο «ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ», αναπτύχθηκαν τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή της εν λόγω μεθόδου, από τα αποτελέσματα και τη σύγκρισή τους, ενώ τέλος διατυπώθηκαν προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

2 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

2.1 Υδατικές Πιέσεις

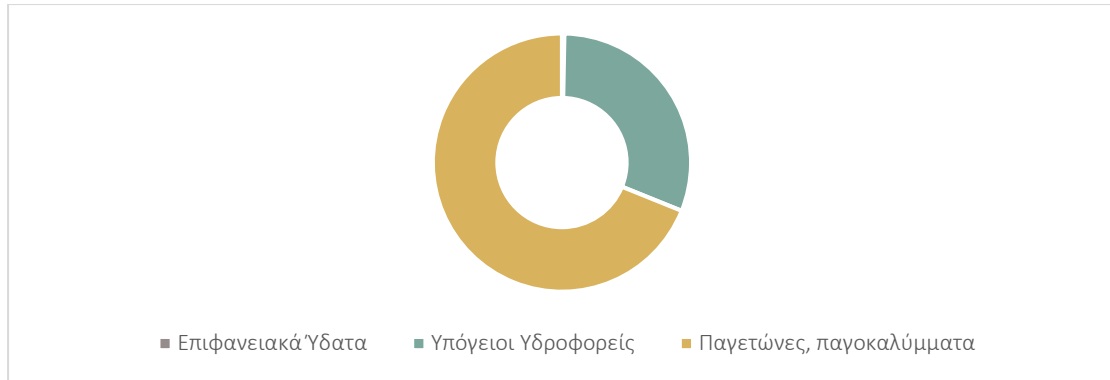
Η σημασία του νερού ως βασικού συστατικού του παγκόσμιου οικοσυστήματος είναι σαφής, καθώς αποτελεί έναν φυσικό πόρο που όχι μόνο καλύπτει τις ζωτικές ανάγκες των έμβιων όντων στον πλανήτη, αλλά συμβάλλει ενεργά στην ανάπτυξη, αφού χρησιμοποιείται στην παραγωγική διαδικασία. Ωστόσο, ο σημαντικός ρόλος του νερού στις λειτουργίες του πλανήτη, δεδομένης της ραγδαίας αύξησης του ανθρώπινου πληθυσμού που επιφέρει αναγκαστικά αυξανόμενες υδατικές ανάγκες, προφανώς έχει οδηγήσει σε παγκόσμια κρίση νερού. Πολύ σημαντικό παράγοντα σε αυτή την κρίση, αποτελεί η άνιση κατανομή του νερού στην γήινη επιφάνεια, 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. (Διάγραμμα 2.1, Υ.ΠΕ.ΚΑ., 2018) Από τα παραπάνω συμπεραίνεται πως μόνο το 2,5% των υδάτων που καλύπτουν τον πλανήτη είναι εκμεταλλεύσιμο, ενώ σημειώνεται πως πάνω από 1,2 δισεκατομμύρια άνθρωποι δεν έχουν πρόσβαση σε ασφαλές πόσιμο νερό (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018).



Διάγραμμα 2.1 - Κατανομή του νερού στη γη, Ιδία επεξεργασία

Πηγή: Υ.ΠΕ.ΚΑ., 2018

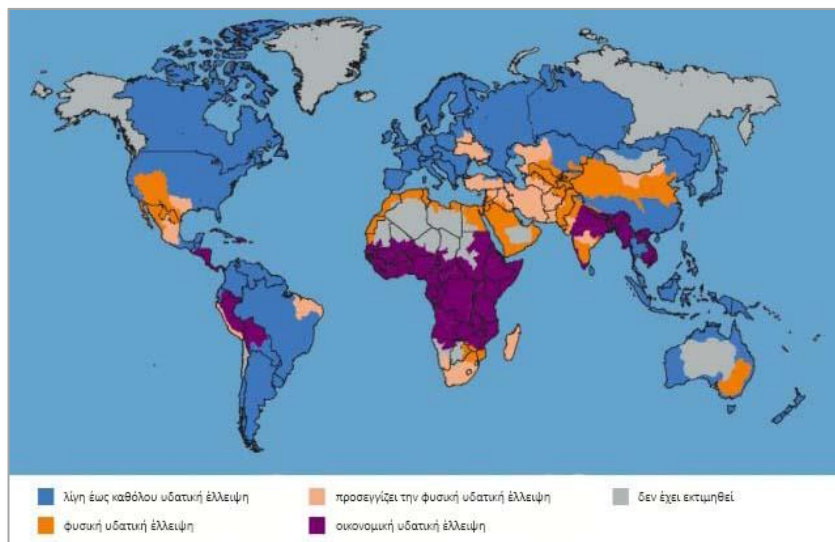
Αναλυτικότερα, από το απόθεμα του «γλυκού νερού» στη Γη, ποσοστό μόλις 0,3% αντιστοιχεί στα επιφανειακά ύδατα, 30,8% στους υπόγειους υδροφορείς (συμπεριλαμβανομένων της εδαφικής υγρασίας, των ελών και του μόνιμα παγωμένου υπεδάφους) ενώ το υπόλοιπο 68,9% είναι δεσμευμένο στους παγετώνες, τα παγοκαλύμματα και τις περιοχές που είναι μόνιμα καλυμμένες με χιόνι. (Διάγραμμα 2.2, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018)



Διάγραμμα 2.2 - Αποθεματικό Νερό στη Γη, Ιδία επεξεργασία
 Πηγή: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018

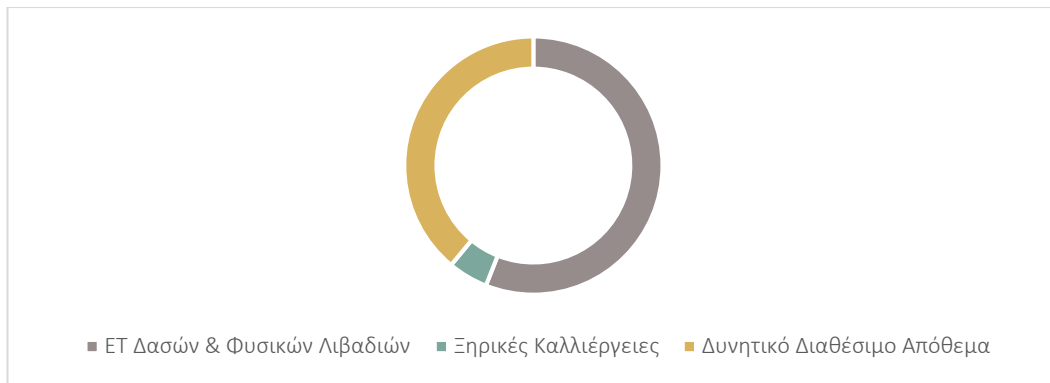
Σε ό,τι αφορά στα ύδατα της Ευρώπης, η ήπειρος δεν φαίνεται να αντιμετωπίζει έλλειψη νερού, παρόλα αυτά η ποιότητα και η διαχείριση των υδάτων της δεν θεωρείται ικανοποιητική (Εικόνα 2.1). Ενδεικτικά, αναφέρονται τα εξής:

- ❖ 20% των επιφανειακών υδάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση απειλείται από ρύπανση
- ❖ Τα υπόγεια ύδατα παρέχουν περίπου το 65% όλου του πόσιμου νερού της ηπείρου
- ❖ 60% των ευρωπαϊκών πόλεων κάνουν υπερεκμετάλλευση των πόρων των υπόγειων υδάτων τους, με επιπλέον συνέπεια να επιβαρύνονται οι υγρότοποι
- ❖ Η επιφάνεια της αρδευόμενης γης στη Νότια Ευρώπη έχει αυξηθεί κατά 20% από το 1985



Εικόνα 2.1 – Φυσική και Οικονομική Υδατική Έλλειψη, Ιδία επεξεργασία
 Πηγή: WORLD RESOURCES INSTITUTE, 2018

Ειδικότερα, τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα σε ευρωπαϊκό επίπεδο, 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 υδατικό απόθεμα για τις δραστηριότητες άρδευσης, βιομηχανίας και αστικής χρήσης (Διάγραμμα 2.3, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018).



Διάγραμμα 2.3 - Καταμερισμός Κατακρημνίσεων, Ιδία επεξεργασία
 Πηγή: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018

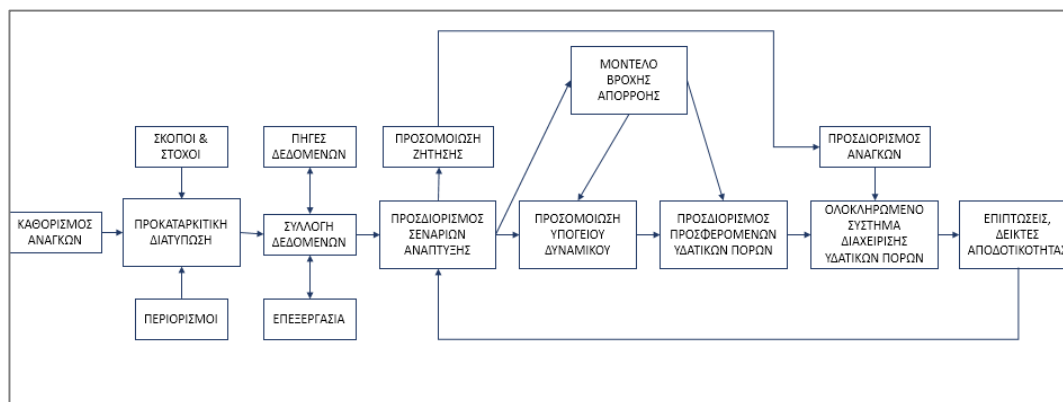
Δεδομένης λοιπόν της παγκόσμιας κρίσης νερού, όπως αυτή προκύπτει από τα καταγεγραμμένα γεγονότα και τις αντίστοιχες αναλύσεις, αναδεικνύεται επιτακτική η ανάγκη διαμόρφωσης και εφαρμογής πολιτικών και δράσεων, οι οποίες με τον κατάλληλο σχεδιασμό και παρακολούθηση, θα μπορέσουν να θέσουν τα θεμέλια για μια ορθολογική εκμετάλλευση των υδατικών πόρων.

2.2 Θεσμικό Πλαίσιο

Σε αυτή την κατεύθυνση, διαμόρφωσης και εφαρμογής πολιτικών και δράσεων για τη δημιουργία ενός συστήματος διαχείρισης υδατικών πόρων (Εικόνα 2.2), κινείται η «Οδηγία Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων» της ΕΕ, σκοπός της οποίας είναι «η προστασία των εσωτερικών επιφανειακών, των μεταβατικών, των παράκτιων και των υπόγειων υδάτων». Πρωταρχικά στάδια της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ αποτελούν, η αναχαιτίηση περαιτέρω επιδείνωσης των υδατικών πόρων και η αποκατάσταση της καλής κατάστασής τους τόσο ποιοτικά όσο και χημικά. Εφόσον επιτευχθούν αυτά, τελικό στάδιο αποτελεί η βιώσιμη χρήση των υδατικών πόρων, με στόχο την μακροπρόθεσμη προστασία τους από μελλοντικές πιέσεις και την παροχή πόσιμου ύδατος στο σύνολο του πληθυσμού.

Οι στόχοι αυτοί, επιδιώκονται σε επίπεδο Λεκάνης Απορροής Ποταμού (ΛΑΠ), η οποία ορίζεται ως «η εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο απορροής μέσω διαδοχικών ρευμάτων, ποταμών και πιθανώς λιμνών και παροχέυεται στη θάλασσα με ενιαίο στόμιο ποταμού, εκβολές ή δέλτα». Η ΛΑΠ, ορίζεται ως επίπεδο εφαρμογής της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ έτσι ώστε «να συντονίζονται τα μέτρα που αφορούν επιφανειακά και υπόγεια ύδατα που ανήκουν στο ίδιο οικολογικό, υδρολογικό και υδρογεωλογικό σύστημα». Σε περίπτωση που η χρήση ύδατος έχει διασυννοριακά αποτελέσματα, οι διατάξεις της Οδηγίας, εφαρμόζονται με τον συντονισμό των ενδιαφερόμενων κρατών/ κοινοτήτων (Οδηγία 2000/60/ΕΚ).

Επιπλέον σημαντικό χαρακτηριστικό της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ αποτελεί η βαρύτητα που δίνεται στον συμμετοχικό σχεδιασμό, ο οποίος εμπλέκει με διαφάνεια τον πολίτη/χρήστη στη λήψη αποφάσεων και στην παρακολούθηση της εφαρμογής της πολιτικής για τα νερά.



Εικόνα 2.2 - Διάγραμμα ροής των σταδίων ενός συστήματος διαχείρισης υδατικών πόρων, Ιδία επεξεργασία
 Πηγή: Τσακίρης, 1995

Κάθε κράτος μέλος, οφείλει να προσδιορίσει τις επιμέρους ΛΑΠ σε εθνικό επίπεδο και τον οργανισμό που θα λειτουργεί ως η αρμόδια αρχή για τους σκοπούς της Οδηγίας. Πρέπει ακόμη να καταρτίζεται σχέδιο διαχείρισης για κάθε περιοχή (Υδατικό Διαμέρισμα (ΥΔ)), στο οποίο αναφέρονται οι νέες περιβαλλοντικές κατευθύνσεις, όπως επίσης και όλες οι πληροφορίες των υδατικών συστημάτων για κάθε ΥΔ 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.

Ειδικά στον Ελλαδικό χώρο, οι πρώτες κατευθύνσεις για την σημασία και την προστασία των υδάτινων πόρων τέθηκαν με τη θέσπιση των Ν. 1650/86 «για την προστασία του περιβάλλοντος» και Ν. 1739/87 «για τη διαχείριση των υδατικών πόρων». 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 2.3).



Εικόνα 2.3 - Υδατικά Διαμερίσματα Ελλάδας
 Πηγή: Ταμπουρατζή, 2015

Η κρατική νομοθεσία εναρμονίστηκε με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ με τον Ν. 3199/2003 «Προστασία και διαχείριση υδάτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης 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 (orengon.gr, 2018). Οι φορείς αυτοί είναι το Εθνικό Συμβούλιο 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 ΛΑΠ, των Υδατικών Διαμερισμάτων (ΥΔ) και των αρμόδιων για αυτά Περιφερειών. 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 ανάγλυφού της.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι τα μέτρα που τίθενται μέσω των σχεδίων διαχείρισης διακρίνονται σε βασικά και συμπληρωματικά. Τα βασικά αφορούν στην τήρηση των Κοινοτικών Οδηγιών από κάθε κράτος-μέλος της ΕΕ ενώ τα συμπληρωματικά καταρτίζονται και τίθενται σε εφαρμογή

επιπλέον των βασικών. Τα βασικά σχετίζονται με την εναρμόνιση της εκάστοτε εθνικής νομοθεσία με τις Κοινοτικές Οδηγίες με σκοπό την επίτευξη ή την διατήρηση της καλής κατάστασης στα υδατικά συστήματα. Τα συμπληρωματικά, σκοπό έχουν την πρόσθετη προστασία ή βελτίωση των υδάτων που καλύπτονται από την Οδηγία και θεσπίζονται από τα κράτη-μέλη.

2.3 Βασικές Έννοιες

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η εφαρμογή της Οδηγίας Πλαίσιο για τα νερά και των συμπληρωματικών αυτής, συνέβαλε μεταξύ άλλων και στη δημιουργία εργαλείων αποτίμησης των υδατικών πιέσεων με τα οποία δύναται να εξαχθούν συμπεράσματα, χρησιμοποιώντας επίγειες (ground truth), εναέριες ή δορυφορικές παρατηρήσεις. Με τα εργαλεία αυτά, γίνεται ευκολότερη η διαδικασία καταγραφής της υφιστάμενης κατάστασης των υδάτινων πόρων, η παρακολούθησή τους καθώς και η επεξεργασία των σχετικών δεδομένων για την ολοκληρωμένη παρουσίαση προτεινόμενων σχεδίων.

Στα εργαλεία αποτίμησης των υδατικών απαιτήσεων συγκαταλέγεται ο δείκτης του Υδατικού Αποτυπώματος (*Hoekstra, 2002*), ο οποίος χρησιμοποιείται για την ανάδειξη της ποσότητας νερού που υπάρχει -εμφανώς ή όχι- στα προϊόντα και τις υπηρεσίες, σε όλα τα στάδια της παραγωγικής τους διαδικασίας. Το Υδατικό Αποτύπωμα (ΥΑ) αποτελείται από 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.

Αναλυτικότερα, αποτύπωμα θεωρείται η επίδραση της δραστηριότητας ενός ατόμου ή μίας ομάδας στο περιβάλλον. Βάσει αυτού, το Οικολογικό αποτύπωμα εκτιμά την έκταση που απαιτείται για την επιβίωση των ανθρώπων και το Υδατικό Αποτύπωμα (ΥΑ) 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 κατανάλωσης 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 άμεσα 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 (Εικόνα 2.4) και υπολογίζεται ως το άθροισμα αυτών:

$$ΥΑ = \text{Πράσινη Συνιστώσα (ΥΑ}_{\text{πρ}}) + \text{Μπλε Συνιστώσα (ΥΑ}_{\text{μπ}}) + \text{Γκρι Συνιστώσα (ΥΑ}_{\text{γκρι}}) \quad (2.1)$$



Εικόνα 2.4 - Συνιστώσες Υδατικού Αποτυπώματος
Πηγή: FRESHWATER FOR LIFE, 2018

Αναλυτικότερα, η πράσινη συνιστώσα ή πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα (ΥΑ_{πρ}) αποτελεί 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 (Εικόνα 2.5) 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:

$$ΥΑ_{\text{πρ}} = \text{Εξάτμιση Πράσινου Νερού} + \text{Ενσωμάτωση Πράσινου Νερού στο Προϊόν} \quad (2.2)$$

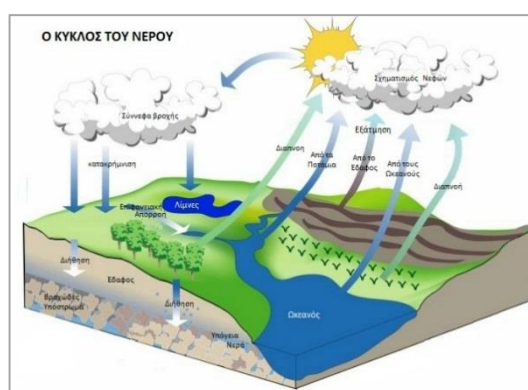
Αντίστοιχα, η μπλε συνιστώσα ή μπλε Υδατικό Αποτύπωμα ($YA_{μπ}$) αναφέρεται στην κατανάλωση των επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων. Η εν λόγω κατανάλωση αφορά στις απώλειες του νερού κυρίως εξαιτίας της εξάτμισης, αλλά και λόγω της ενσωμάτωσής του σε κάποιο προϊόν ή της οριστικής απομάκρυνσής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

$$YA_{μπ} = \text{Εξάτμιση Μπλε Νερού} + \text{Ενσωμάτωση Μπλε Νερού στο Προϊόν} + \text{Απώλεια Νερού} \quad (2.3)$$

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 ($YA_{γκρι}$) 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 $YA_{γκρι}$ εκτιμάται ο βαθμός ρύπανσης των υδατικών πόρων και προσδιορίζεται η απαιτούμενη ποσότητα νερού για την αραιώση των ρύπων στους υδατικούς πόρους σύμφωνα με τα ισχύοντα πρότυπα ποιότητας (Hoekstra et al., 2011; Chapagain & Hoekstra, 2007):

$$YA_{γκρι} = \text{Ρυπαντικό Φορτίο} / (\text{Αποδεκτή συγκέντρωση ρύπου}_{\max} - \text{φυσική συγκέντρωση ρύπου}) \quad (2.4)$$

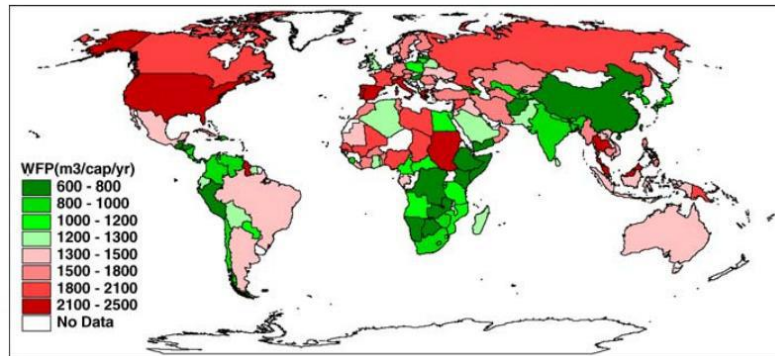


Εικόνα 2.5 - Υδρολογικός Κύκλος

Πηγή: physicsgg - Φυσικοί και Φυσική από το διαδίκτυο, 2018

Η διαφοροποίηση των τριών συνιστωσών του YA 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 εφικτή 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). Σύμφωνα με τους Charagain και Hoekstra (2007), οι οποίοι υπολόγισαν το παγκόσμιο ΥΑ βάσει των στατιστικών στοιχείων της περιόδου 1997-2001 (Εικόνα 2.6), η Ελλάδα συγκαταλέγεται μεταξύ των χωρών 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).



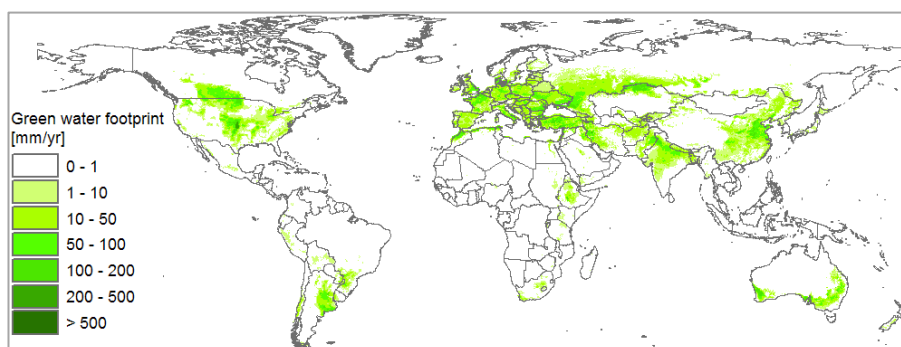
Εικόνα 2.6 - Μέσο εθνικό ΥΑ ανά κάτοικο
Πηγή: Charagain & Hoekstra, 2007

Τέσσερις είναι οι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν το ύψος του υδατικού αποτυπώματος σύμφωνα με τον Hoekstra:

1. Το μέγεθος της κατανάλωσης
2. Η ποιότητα και η σύνθεση της κατανάλωσης (πχ. μία χώρα που διατρέφεται με πολύ κρέας ξοδεύει περισσότερο νερό)
3. Η επίδραση των κλιματικών συνθηκών, (αν απαιτείται π.χ. σε μεγάλο ποσοστό άρδευση για την ανάπτυξη των καλλιεργειών)
4. Η αποδοτικότητα της γεωργικής παραγωγής

Παρακάτω, παρουσιάζονται ενδεικτικά οι κατανομές σε παγκόσμιο επίπεδο του ΥΑ_{πρ}, όπως αυτό υπολογίστηκε για συγκεκριμένες καλλιέργειες για την περίοδο 1996 – 2005 από τους Mekonnen και Hoekstra (2010). Ενδεικτικά, παρατηρείται ότι η πράσινη συνιστώσα του ΥΑ, για τις καλλιέργειες σιταριού, λαμβάνει τιμές κυρίως στις νότιες και κεντρικές χώρες της Ευρώπης, αλλά και περιστασιακά στην Ασία και την Κεντρική και Λατινική Αμερική. Σε μικρότερο βαθμό

εμφανίζεται δυτικά της Αφρικής και νότια της Αυστραλίας (Εικόνα 2.7). Αντίθετα με το σιτάρι, που εν ολίγοις απαντάται σε κάποιο βαθμό στις περισσότερες ηπείρους του πλανήτη, οι ελαιώνες εντοπίζονται μόνο στην Ευρώπη και κυρίως στις μεσογειακές χώρες (Εικόνα 2.8).



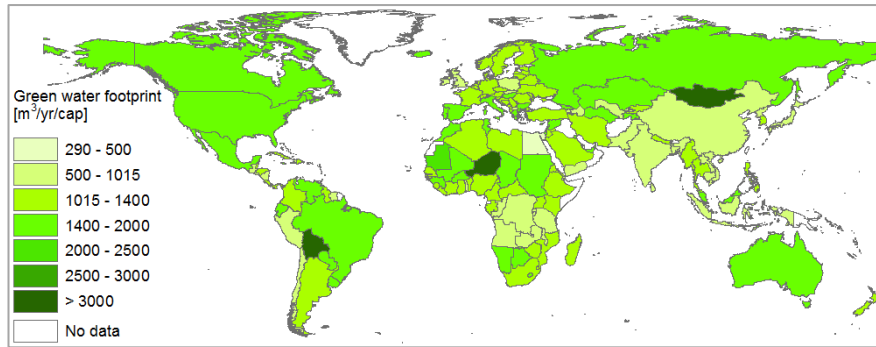
Εικόνα 2.7 - Πράσινη συνιστώσα ΥΑ για καλλιέργειες σιταριού (1996-2005)
Πηγή: Mekonnen και Hoekstra, 2010



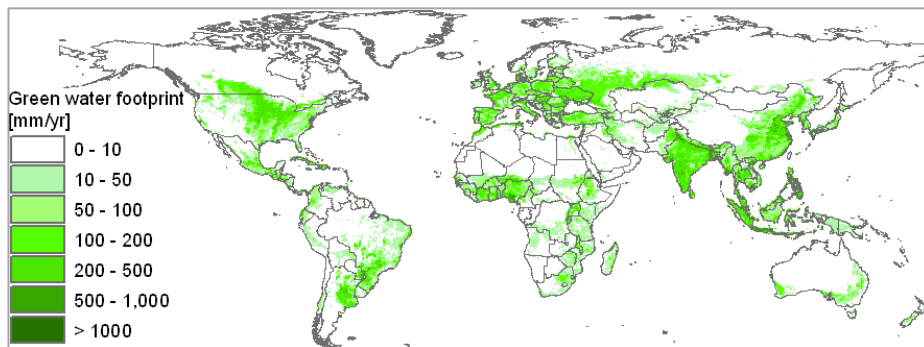
Εικόνα 2.8 - Πράσινη συνιστώσα ΥΑ για ελαιώνες (1996-2005)
Πηγή: Mekonnen και Hoekstra, 2010

Σε παγκόσμιο επίπεδο, σύμφωνα με την προαναφερθείσα έρευνα, τα υψηλότερα ΥΑ_{πρ} σε σχέση με την κατανάλωση συναντώνται στη Βολιβία, την Νιγηρία και την Μογγολία, ενώ τα μικρότερα στο Περού, το νότιο κομμάτι της Αφρικής και το νότιο κομμάτι της Ασίας (Εικόνα 2.9). Αντίστοιχα σε συσχέτιση με την παραγωγή, το ΥΑ_{πρ} λαμβάνει υψηλότερες τιμές στη δυτική Αμερική και Λατινική Αμερική, στις νότιες και κεντρικές χώρες της Ευρώπης, αλλά και στο νότιο τμήμα της Ασίας και της Αυστραλίας (Εικόνα 2.10). Τέλος, η κατανομή του συνολικού ετήσιου ΥΑ_{πρ} συγκεκριμένα ως προς την γεωργική παραγωγή (Εικόνα 2.10), ταυτίζεται σε πολύ μεγάλο μέρος με αυτή της συνολικής παραγωγής (Εικόνα 2.11), αναδεικνύοντας έτσι την σημαντικότητα των γεωργικών περιοχών στον υπολογισμό του τελικού ετήσιου πράσινου ΥΑ.

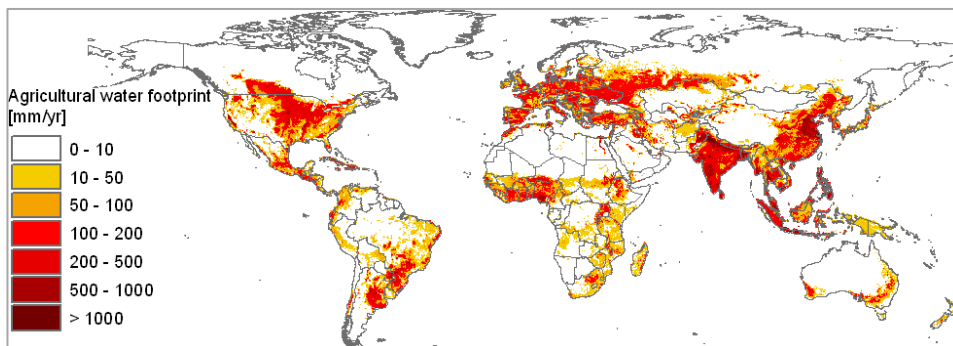
Επιπροσθέτως, σύμφωνα με τον Στάμου (2010) το εθνικό ΥΑ, αφορά κατά 3% στην οικιακή χρήση, 6% στη βιομηχανική εξωγενή χρήση, 3% στη βιομηχανική ενδογενή χρήση, 29% στην αγροτική εξωγενή και τέλος 59% στην αγροτική ενδογενή χρήση (Διάγραμμα 2.4). Συμπεραίνεται λοιπόν, ότι τα εθνικά ύδατα επιβαρύνονται κατά κύριο λόγο από τη γεωργία, η οποία ικανοποιείται κυρίως από το αρδευτικό νερό (ΥΑ_{μπ}) αλλά και από τη βροχόπτωση (ΥΑ_{πρ}).



Εικόνα 2.9 - Πράσινη συνιστώσα ΥΑ για την περίοδο 1996-2005 σε συσχέτιση με την κατανάλωση
 Πηγή: Mekonnen και Hoekstra, 2011

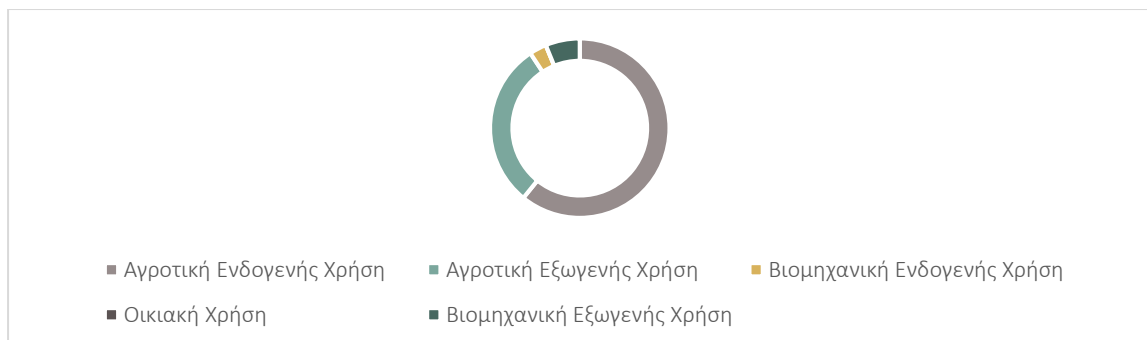


Εικόνα 2.10 - Συνολικό ΥΑ_{πρ} σε σχέση με την παραγωγή
 Πηγή: Mekonnen και Hoekstra, 2011



Εικόνα 2.11 - Συνολικό ΥΑ_{πρ} σε σχέση με την γεωργική παραγωγή
 Πηγή: Mekonnen και Hoekstra, 2011

Επιπλέον, σημαντικό είναι και το ΥΑ_{γκρι} της γεωργίας, εξαιτίας της εκτεταμένης χρήσης λιπασμάτων.



Διάγραμμα 2.4 - Ποσοστιαία σύνθεση του ΥΑ της Ελλάδας, Ιδία επεξεργασία
 Πηγή: Στάμου, 2010

Δεδομένων των προαναφερθέντων στοιχείων περί χρησιμότητας του δείκτη του ΥΑ στην αποτίμηση των υδατικών απαιτήσεων μιας περιοχής, αλλά και της διαπίστωσης του κυρίαρχου ρόλου της γεωργίας στην υδατική επιβάρυνση, σκόπιμο κρίθηκε σε αυτή τη μεταπτυχιακή να δοθεί βάρος στην αποτίμηση της πράσινης συνιστώσας του, για τις καλύψεις γης από δάση, βοσκοτόπους και καλλιέργειες, σε βάθος χρόνου (2000-2012) στο ΥΔ13 που αφορά στην Κρήτη. Απώτερος στόχος αυτής της απόφασης ήταν να καταγραφούν οι διαχρονικές μεταβολές του ΥΑ_{πρ}, σε συγκεκριμένη περιοχή μελέτης και να αξιολογηθούν οι λόγοι για τους οποίους παρουσιάζεται πλεόνασμα ή έλλειμα μεταξύ των Λεκανών Απορροή Ποταμού (ΛΑΠ).

3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

3.1 Ορισμός Περιοχής Μελέτης

Σύμφωνα με την Οδηγία Πλαίσιο, προκειμένου να αναπτυχθούν τα κατάλληλα προγράμματα μέτρων είναι «*αναγκαίο να επιχειρηθούν αναλύσεις των χαρακτηριστικών μιας λεκάνης απορροής ποταμού και των επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, καθώς και οικονομική ανάλυση της χρήσης του ύδατος.*» Σε αυτή την κατεύθυνση, καταγράφονται στις επόμενες υποενότητες τα φυσικά και ανθρωπογενή χαρακτηριστικά του ΥΔ13 – Κρήτης (Εικόνα 3.1), ενώ δίνεται ιδιαίτερη βάση στις χρήσεις γης, καθώς αυτές αποτελούν τη βασική πηγή των υδατικών πιέσεων. Η Κρήτη, επιλέχθηκε σε αυτή τη μεταπτυχιακή εργασία, δεδομένου ότι ως γεωγραφικά περιορισμένη περιοχή λόγω θάλασσας, αποτελεί ένα αυτόνομο υδατικό σύστημα, με τρεις βασικές λεκάνες απορροής και 140 υπολεκάνες.

3.1.1 Φυσικά Χαρακτηριστικά Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης (ΥΔ13)

Η Κρήτη αποτελεί το μεγαλύτερο νησί της χώρας και το πέμπτο μεγαλύτερο στη Μεσόγειο. Βρίσκεται σε απόσταση 160km νότια της Ελληνικής ηπειρωτικής χώρας, αποτελώντας το νοτιότερο άκρο – σύνορο της Ευρωπαϊκής Ένωσης και περιβάλλεται από πλήθος μικρών νήσων οι οποίες είναι ακατοίκητες, με εξαίρεση τη Γαύδο. Βρέχεται βόρεια από το Κρητικό Πέλαγος και νότια από το Λιβυκό.



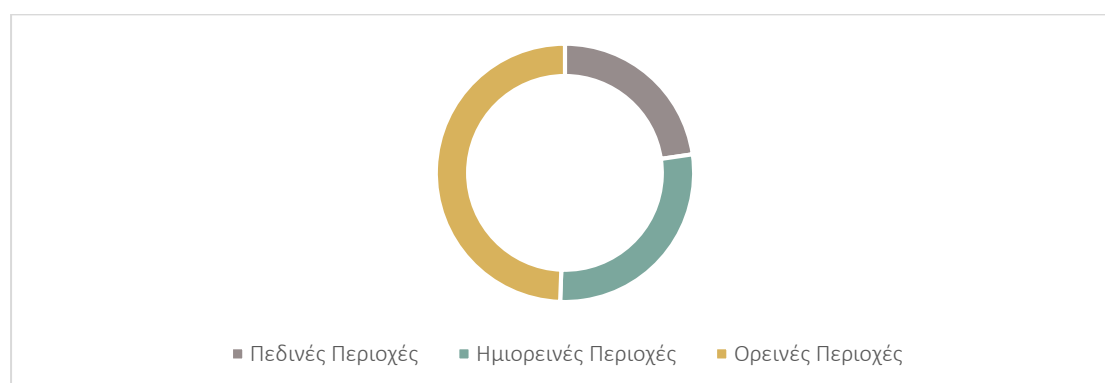
Εικόνα 3.1 – Περιοχή Μελέτης

Πηγή: Wikipedia, 2018

Η συνολική έκταση του νησιού είναι 8.335km², έχει μήκος 260km, πλάτος από 12 μέχρι 57km και ακτογραμμή 1.306km (συμπεριλαμβανομένων των νησιών). Το νησί χαρακτηρίζεται από έντονο ανάγλυφο και τέσσερα μεγάλα ορεινά συγκροτήματα με πολλά κοινά χαρακτηριστικά (Εικόνα 3.2).

Στα δυτικά δεσπόζουν τα Λευκά Όρη ή Μαδάρες, με τουλάχιστον 20 κορυφές το ύψος των οποίων ξεπερνά τα 2.200m με ψηλότερη κορυφή, τις Πάχνες (2.453m), στα οποία σχηματίζονται τα οροπέδια του Ομαλού και του Ασκύφου. Οι ακτές της περιοχής στο νότιο τμήμα είναι απόκρημνες με μεγάλες κλίσεις και φαράγγια, οι οποίες συνεχίζονται ανατολικά με

ηπιότερα πρόβουνα, προς τη δυτική και βόρεια ακτή. Στο κέντρο του νησιού εκτείνεται το υψηλότερο ορεινό συγκρότημα του, ο Ψηλορείτης. Στα βόρειά του, με μεγαλύτερες και απόκρημνες κλίσεις, σχηματίζεται η κοιλάδα του Μυλοπόταμου και ακόμη βορειότερα ο ορεινός όγκος του Κουλούκωνα (μέγιστο υψόμετρο 1.083m) που καταλήγει, με απότομες κλίσεις, στη βόρεια ακτή. Στα νότια και ανατολικά του, με ηπιότερες κλίσεις, σχηματίζονται η κοιλάδα της Μεσσαράς και αυτή του Ηρακλείου, που περικλείεται νοτιότερα, από τον επιμήκη ορεινό όγκο των Αστερουσίων (μέγιστο υψόμετρο 1.231m), ο οποίος καταλήγει με λιγότερο απότομες κλίσεις στη νότια ακτή. Στο ανατολικό τμήμα του νησιού βρίσκεται το όρος Δίκη με υψόμετρο 2.148m, με το Οροπέδιο Λασιθίου στο βορειοδυτικό τμήμα της, να καταλαμβάνει όλο το εύρος του νησιού, με πιο απότομες κλίσεις στα νότια και ηπιότερες προς τις άλλες κατευθύνσεις, και, τέλος, ακόμη πιο ανατολικά εκτείνονται τα Λασιθιώτικα Όρη ή Όρη της Θρυπτής ή Όρη της Σητείας, με υψόμετρο 1.476m. Τις μεγάλες οροσειρές πλαισιώνουν μικρότεροι ορεινοί όγκοι. Τα ποσοστά κατανομής του εδάφους του σε πεδινές, ημιορεινές και ορεινές περιοχές, σύμφωνα με την ΕΛ.ΣΤΑΤ., είναι 22,7%, 27,9% και 49,4%, αντίστοιχα (Διάγραμμα 3.1).



Διάγραμμα 3.1 – Ποσοστά Κατανομής Εδάφους, Ιδία επεξεργασία
 Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2018

Στους πρόποδες και τα πρόβουνα των αναφερόμενων ορεινών όγκων διαμορφώνονται τα πεδινά, εύφορα τμήματα του νησιού. Βόρεια των Λευκών Ορέων και της Ίδης, αναπτύσσεται εκτεταμένη επιμήκης πεδιάδα, από το δυτικότερο άκρο του νησιού, την περιοχή Καστελλίου Κίσσαμου, έως και την περιοχή της Αξού, στο Μυλοπόταμο, η οποία περιλαμβάνει στο εσωτερικό της πολλές λοφώδεις εξάρσεις, αλλά και φαράγγια, προς την περιοχή του Ρεθύμνου. Νότια και ανατολικά από την Ίδη και δυτικά και βόρεια από τη Δίκη, αναπτύσσονται αντίστοιχα η πεδιάδα της Μεσσαράς - η μεγαλύτερη και πιο συμπαγής του νησιού, και αυτή των Ηρακλείου – Μαλλίων, με επίσης πολλές λοφώδεις εξάρσεις στο εσωτερικό της. Βόρεια της Δίκης αναπτύσσεται η πεδιάδα Σισίου-Μαλλίων, νοτιοανατολικά αναπτύσσεται η κοιλάδα του Μύρτου και ανατολικότερα αυτής η πεδιάδα της Ιεράπετρας, ενώ ανατολικά η κοιλάδα

Δρασίου και συνέχεια αυτής η πεδινή έκταση Νεάπολης – Λιμνών και ανατολικότερα των Μέσα-Έξω Λακωνίων και Αγίου Νικολάου. Ανατολικά από τα Λασιθιώτικα Όρη η πεδιάδα της Σητείας και του Παλαίκαστρου αντίστοιχα.



Εικόνα 3.2 – Ανάγλυφο Περιοχής Μελέτης

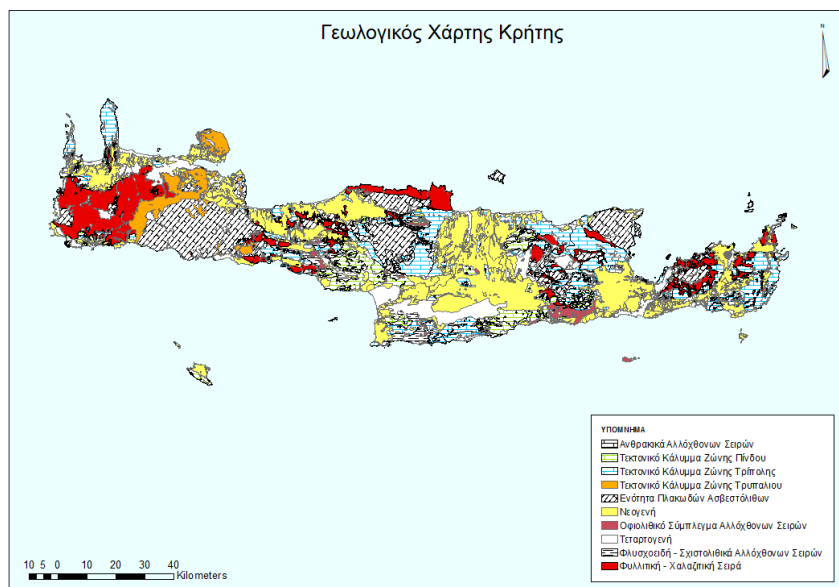
Σημειώνεται, ότι η Κρήτη στο σύνολό της έχει πληγεί από πυρκαγιές, την ΠΕ Λασιθίου να έχει παρουσιάσει τα μεγαλύτερα ποσοστά καμένων εκτάσεων και τις δριμύτερες πυρκαγιές αν και σε αριθμό τις λιγότερες συγκριτικά με τις άλλες ΠΕ. Σε δεύτερο επίπεδο, έρχεται η ΠΕ Χανίων με αρκετές καμένες εκτάσεις, οι οποίες οφείλονται στο μεγάλο πλήθος πυρκαγιών, αν και όχι ιδιαίτερα καταστροφικών, μεμονωμένα. Ακολουθεί η ΠΕ Ρεθύμνου και τέλος η ΠΕ Ηρακλείου, στην οποία έχουν ξεσπάσει πυρκαγιές αλλά πολύ μικρής δριμύτητας με ελάχιστες απώλειες σε εκτάσεις. Σε όλες τις Περιφερειακές Ενότητες, οι εκτάσεις που καίγονται είναι συνήθως δασικές και γεωργικές. (Πυροσκόπιο, 2018)

Η μεγάλη ποικιλία των γεωλογικών σχηματισμών, αποτελεί ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του κρητικού περιβάλλοντος. Σπήλαια, φαράγγια και οροπέδια αποτελούν βασικά στοιχεία του κρητικού τοπίου. Στην περιοχή των Σφακιών μόνο και σε μία απόσταση 35km, παρατηρείται συγκέντρωση 15 παράλληλων φαραγγιών, μεταξύ των οποίων και το φαράγγι της Σαμαριάς.

Ανάμεσα στους ορεινούς όγκους του νησιού σχηματίζονται πολλά οροπέδια, περίπου 25 τον αριθμό, που επίσης συνιστούν ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της Κρήτης και σχετίζονται με την ιδιόμορφη τεκτονική ιστορία της. Τα πιο μεγάλα από αυτά είναι το οροπέδιο του Λασιθίου, στο όρος Δίκη σε υψόμετρο 850m, που συνιστά και τη μεγαλύτερη επίπεδη έκταση στο νησί (με διαστάσεις 5 επί 5km περίπου), το οροπέδιο του Ομαλού, στα Λευκά Όρη σε υψόμετρο 700m, το οροπέδιο Ασκύφου και, τέλος, η Νίδα στον Ψηλορείτη σε υψόμετρο 1.400m. Τα περισσότερα

από αυτά συγκεντρώνουν μεγάλες ποσότητες νερού, που απορρέουν από τα γύρω βουνά, γι' αυτό και το τυπικό εδαφικό κάλυμμα ενός οροπεδίου είναι η ιλύς.

Αναλυτικότερα σε ό,τι αφορά στην σύσταση των πετρωμάτων της (Εικόνα 3.3) το 45-50% της έκτασης της Κρήτης καλύπτεται από ανθρακικά πετρώματα συγκεντρωμένα στους τέσσερις σημαντικότερους ορεινούς όγκους του νησιού, που αποτελούν και τους κύριους υδροσυλλέκτες του. Το γεγονός ότι τα ανθρακικά πετρώματα είναι υδροπερατά, σε συνδυασμό με τις τεκτονικές δομές που εμφανίζονται στην Κρήτη (ρήγματα, ασυνέχειες κ.ά.), οδηγούν στη μεγάλη κατείδυση του νερού της βροχής προς τον υπόγειο υδροφορέα. Πάνω στα ασβεστολιθικά πετρώματα, συναντούμε κυρίως ποτάμια με διαλείπουσα ροή (χειμάρρους), η οποία χαρακτηρίζεται από μια περιοδικότητα, που συμπίπτει με την περιοδικότητα των βροχοπτώσεων, δηλαδή εμφανίζεται πάντα τους χειμερινούς και για λίγο τους ανοιξιάτικους μήνες. Εκτός από τους χειμάρρους, συναντούμε και λίγα ποτάμια μόνιμης ροής, με ορισμένα από αυτά να παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον τόσο από την άποψη των φυσικοχημικών παραμέτρων τους όσο και γιατί φιλοξενούν ένα σημαντικό αριθμό ενδημικών ή σπάνιων ειδών. Ένα άλλο γεωλογικό στοιχείο, που επηρεάζει τις κατηγορίες των επιφανειακών νερών της Κρήτης, αποτελεί η συχνή εναλλαγή διαφορετικών πετρωμάτων στο επιφανειακό στρώμα, ακόμα και στα όρια μικρών περιοχών. Έτσι, π.χ. η ροή στην κοίτη ενός ποταμού, μπορεί να διακοπεί από την επιφάνεια για κάποια απόσταση και να γίνει υπόγεια, για να επανέλθει πιο κάτω και πάλι στην επιφάνεια.



Εικόνα 3.3 – Γεωλογία Κρήτης, Ιδία επεξεργασία
Πηγή: Αποκεντρωμένη Διοίκηση Κρήτης (ΑΠΔ), 2018

i. Υδατικά Συστήματα Κρήτης

Το έντονο ανάγλυφο του Υδατικού Διαμερίσματος, οι μεγάλες ποσότητες ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, η έκταση του νησιού και η πολύπλοκη γεωλογική δομή του δημιουργούν ποικιλία στην διακίνηση του νερού τόσο του επιφανειακού όσο και του υπόγειου. Ως αποτέλεσμα αυτών παρατηρείται η ανάπτυξη πολλών ΛΑΠ που η έκτασή τους δεν ξεπερνά τα 600km². Το πυκνό υδρογραφικό δίκτυο, χαρακτηρίζεται από ποτάμια μικρού μήκους διαδρομής αλλά χειμαρρώδους χαρακτήρα και παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση των παροχών του. Εξαιτίας της ορμής του δικτύου, αρκετές ποσότητες φερτών υλικών εναποτίθενται στις ακτές και σε ορισμένες περιπτώσεις σχηματίζουν πολύ μικρά δέλτα. Λίγα είναι τα ρέματα που διατηρούν ροή σ' όλη τη διάρκεια του χρόνου και τροφοδοτούνται κυρίως από πηγαία νερά. Στην ουσία, τα περισσότερα ποτάμια είναι χείμαρροι περιοδικής ροής, οι οποίοι διακρίνονται σε:

- ❖ Χείμαρροι με επιφανειακή ροή 8-9 μήνες την υγρή περίοδο του χρόνου, οι οποίοι διατηρούν τέλματα στην κοίτη τους την ξηρή καλοκαιρινή περίοδο καθώς η στάθμη του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα δε χαμηλώνει αρκετά
- ❖ Χείμαρροι με επιφανειακή ροή 6-8 μήνες την υγρή περίοδο του χρόνου, χωρίς να διατηρούν τέλματα στην κοίτη τους το καλοκαίρι
- ❖ Χείμαρροι με πολύ μικρή περίοδο επιφανειακής ροής (3 μήνες περίπου) και φυσικά χωρίς τέλματα στην κοίτη τους το καλοκαίρι (Βορεάδου Α., 1993).

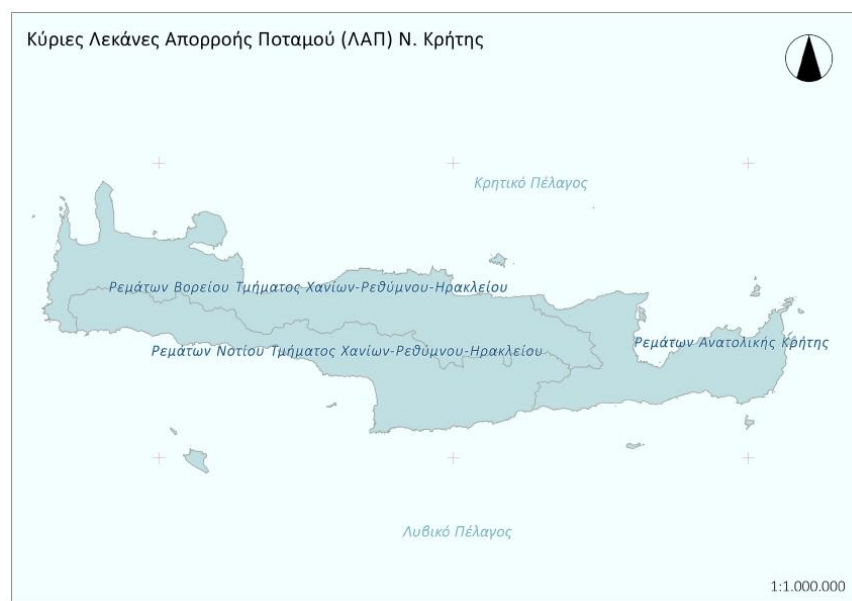
Η συνολική απορροή που διακινείται ετησίως επιφανειακά από τα κυριότερα υδατορέματα του νησιού ανέρχεται σε 500x10⁶m³/έτος περίπου. Η απορροή αυτή περιλαμβάνει τόσο πηγαία νερά που εκφορτίζονται εντός των αντίστοιχων λεκανών απορροής όσο και την καθαυτό επιφανειακή απορροή. Υπολογίζεται δε ότι μια επιπλέον ποσότητα 450x10⁶m³ διακινείται ετησίως μέσω των τριών μεγάλων καρστικών πηγών με υφάλμυρο νερό του νησιού (Αλμυρός Γεωργιούπολης, Αλμυρός Ηρακλείου και Αλμυρός Αγ. Νικολάου).

Συνολικά στην Κρήτη διακινούνται υπογείως 2.233 x10⁶m³ νερού κατ' έτος. Από τις καρστικές λεκάνες ένα τμήμα των ανωτέρω διακινούμενων υπογείως ποσοτήτων αναφέρεται σε υφάλμυρα νερά. Οι κύριες υφάλμυρες πηγές διακινούν ετησίως περί τα 450x10⁶m³/έτος. Εκτιμάται ότι η συνολική ποσότητα υφάλμυρου νερού μαζί με τις υποθαλάσσιες εκφορτίσεις ανέρχεται σε 800 - 1.000x10⁶m³/έτος (Σχέδιο Διαχείρισης Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης, Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017).

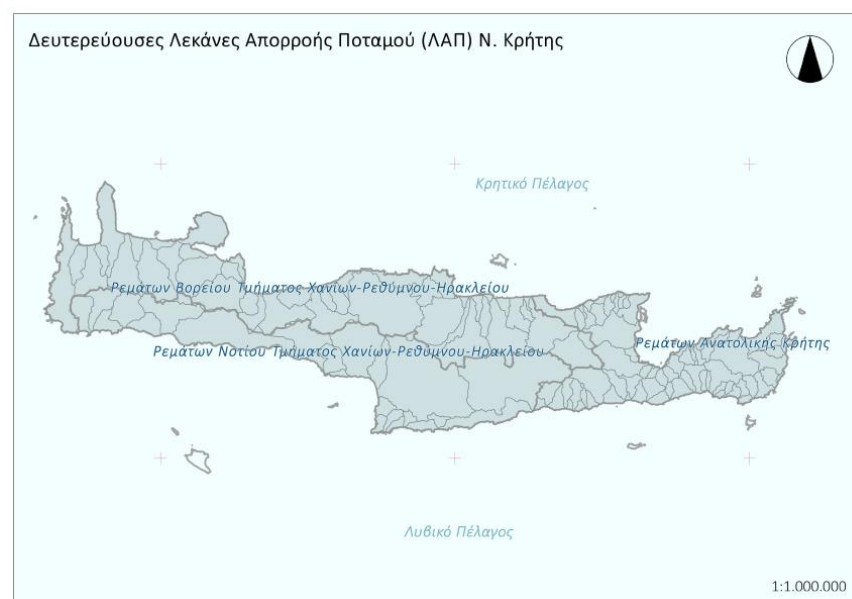
Αναλυτικότερα, με την Απόφαση 706/16-7-2010 (ΦΕΚ 1383B/2-9-2010 & ΦΕΚ 1572B/28-9-2010) του Εθνικού Συμβουλίου Υδάτων «περί καθορισμού των Λεκανών Απορροής Ποταμών της

χώρας και ορισμού των αρμόδιων Περιφερειών για τη διαχείριση και προστασία τους», όπως αυτή τροποποιήθηκε με τα εγκεκριμένα Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών, το Υδατικό Διαμέρισμα Κρήτης, περιλαμβάνει τρεις (3) κύριες Λεκάνες Απορροής Ποταμών (Εικόνα 3.4), οι οποίες διασπώνται σε 140 υπολεκάνες (Εικόνα 3.5):

- ❖ Ρεμάτων Βορείου Τμήματος Χανίων - Ρεθύμνου - Ηρακλείου (GR39), συνολικής έκτασης 3.676,06km²
- ❖ Ρεμάτων Νοτίου Τμήματος Χανίων - Ρεθύμνου - Ηρακλείου (GR40), συνολικής έκτασης 2.798,2km²
- ❖ Ρεμάτων Ανατολικής Κρήτης (GR41), συνολικής έκτασης 1.870,28km²



Εικόνα 3.4 – Κύριες Λεκάνες Απορροής Κρήτης



Εικόνα 3.5 – Δευτερεύουσες Λεκάνες Απορροής Κρήτης

Τα λιμναία συστήματα της Κρήτης είναι περιορισμένα με μοναδική φυσική λίμνη αυτή του Κουρνά στη δυτική πλευρά του νησιού ενώ αξιόλογες είναι μερικές τεχνητές λίμνες (πχ της Αγιάς), και κάποιοι ταμειυτήρες που έχουν κατασκευαστεί τα τελευταία χρόνια και μπορούν να εξελιχθούν σε αξιόλογους υγροτόπους. Στο νησί υπάρχουν επίσης και αρκετοί υγρότοποι κυρίως ελώδεις εκτάσεις που απαντούν συνήθως κοντά σε ρεματιές, γύρω από παραθαλάσσιες πηγές είτε στις εκβολές ποταμών κοντά στις ακτές, με αρκετούς από αυτούς να έχουν πλέον εξαφανιστεί λόγω αποστραγγιστικών έργων.

ii. Προστατευόμενες Περιοχές της Κρήτης

Το Δίκτυο Natura 2000 αποτελεί ένα Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο περιοχών, οι οποίες φιλοξενούν φυσικούς τύπους οικοτόπων και οικοτόπους ειδών σημαντικούς σε ευρωπαϊκό επίπεδο και αποτελείται από δύο κατηγορίες περιοχών:

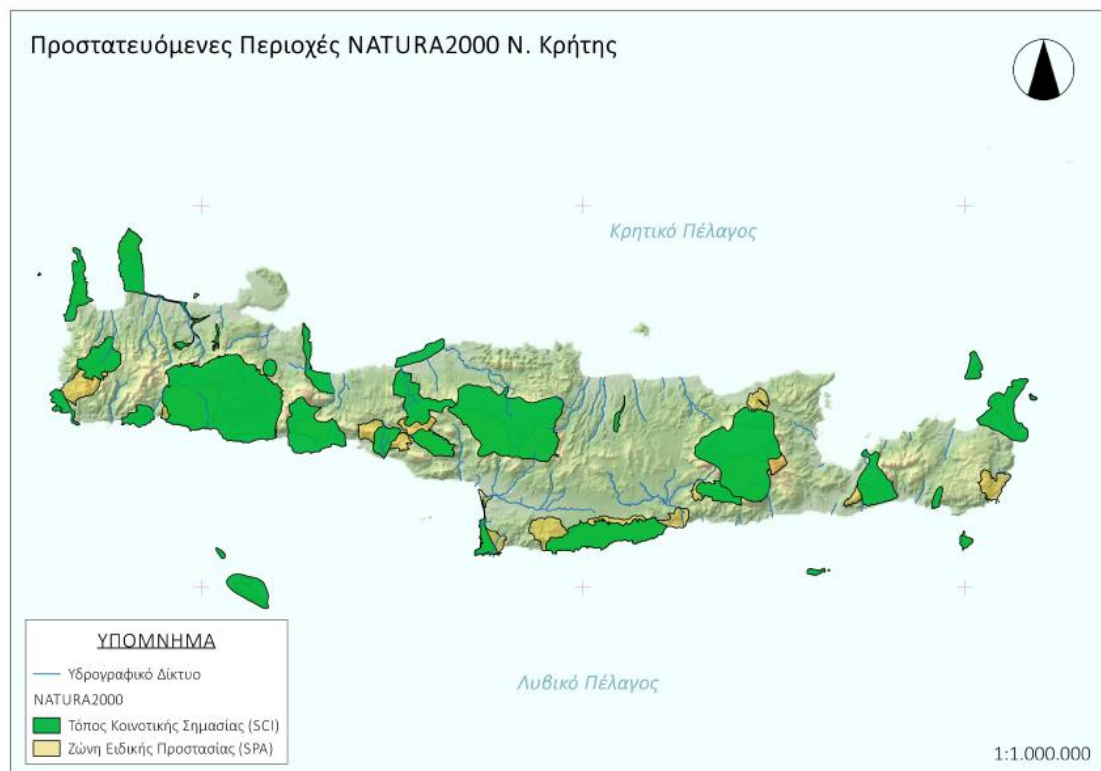
- ❖ τις «Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ)» (Special Protection Areas - SPA) για την Ορνιθοπανίδα, όπως ορίζονται στην Οδηγία 79/409/ΕΚ «για τη διατήρηση των άγριων πτηνών». Η Οδηγία ενσωματώθηκε στο εθνικό δίκαιο με την Κοινή Υπουργική Απόφαση 414985/ 757B/18.12.1985
- ❖ τους «Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ)» (Sites of Community Importance – SCI) όπως ορίζονται στην Οδηγία 92/43/ΕΟΚ. Για τον προσδιορισμό των ΤΚΣ λαμβάνονται υπόψη οι τύποι οικοτόπων και τα είδη των Παραρτημάτων I και II της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ καθώς και τα κριτήρια του Παραρτήματος III αυτής. Η Οδηγία ενσωματώθηκε στο εθνικό δίκαιο με την Κοινή Υπουργική Απόφαση 33318/3028/1998, η οποία τροποποιήθηκε με την Κοινή Υπουργική Απόφαση υπ' αρ. Η.Π. 14849/853/Ε103, ΦΕΚ Β' 645 11.4.2008. Οι περιοχές που περιέχονται στον κατάλογο των Τόπων Κοινοτικής Σημασίας, ο οποίος περιλαμβάνεται στο παράρτημα 1 της απόφασης 2006/613/ΕΚ της Επιτροπής (L 259), χαρακτηρίστηκαν με το Ν.3937/2011 ως Ειδικές Ζώνες Διατήρησης (ΕΖΔ) (Special Areas of Conservation)

Στο Υδατικό Διαμέρισμα Κρήτης απαντώνται συνολικά 53 περιοχές Natura 2000, οι οποίες καλύπτουν συνολική έκταση περί τα 378.316 εκτάρια (Εικόνα 3.6). Ειδικότερα:

- ❖ 27 περιοχές «Ειδικής Ζώνης Διατήρησης» (ΕΖΔ),
- ❖ 25 περιοχές «Ζώνης Ειδικής Προστασίας» (ΖΕΠ) και
- ❖ 1 περιοχή «Ειδικής Ζώνης Διατήρησης» (ΕΖΔ) και «Ζώνης Ειδικής Προστασίας» (ΖΕΠ)

Σημειώνεται ότι οι περιοχές Natura που δεν συσχετίζονται με κάποιο ποτάμιο, λιμναίο και παράκτιο υδατικό σύστημα του Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης, φιλοξενούν είδη χλωρίδας και

πανίδας, καθώς και τύπους οικοτόπων που έχουν στενή εξάρτηση με επιφανειακά νερά, κατά κύριο λόγο μικρού μεγέθους και τοπικής κλίμακας υδατορέματα.



Εικόνα 3.6 – Περιοχές Natura 2000 Κρήτης

iii. Κλίμα

Ο τύπος κλίματος της Κρήτης, είναι ένας μεταβατικός ενδιάμεσος τύπος μεταξύ του χερσαίου Μεσογειακού και του ερημοειδούς Μεσογειακού, στο οποίο υπάγεται κυρίως η νοτιοανατολική Κρήτη. Σύμφωνα με τα ελληνικά κλιματολογικά χαρακτηριστικά η περιοχή καλύπτει ένα ευρύ φάσμα βιοκλιματικών ορόφων με σημαντικές διακυμάνσεις από τα ανατολικά προς τα δυτικά και από τα πεδινά προς τα ορεινά.

Η πεδινή ζώνη της Κρήτης αποτελεί κλιματικά μια μετάβαση από το μεσογειακό προς το ημιορεινό κλίμα. Χαρακτηρίζεται από μικρό ύψος βροχοπτώσεων, ήλιο χειμώνα και ξηρή περίοδο μεγάλης διάρκειας. Το θέρος, λόγω της θαλάσσιας αύρας και των ετησίων ανέμων θεωρείται σχετικά δροσερό και διαρκεί από τον Ιούνιο μέχρι τον Σεπτέμβριο. Θερμότεροι μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος. Στην περιοχή αυτή, δεν παρατηρείται ποτέ παγετός και η θερμοκρασία σπάνια πέφτει κάτω από 0°C. Οι θερμοκρασιακές αποκλίσεις είναι ήπιες. Η ορεινή ζώνη της Κρήτης εμφανίζει μεγαλύτερες θερμοκρασιακές αποκλίσεις, μέση ετήσια θερμοκρασία 2-3°C χαμηλότερη από την πεδινή ζώνη. Η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα (Ιούλιος) κυμαίνεται στα επίπεδα της μέσης θερμοκρασίας του θερμότερου μήνα των

πεδινών σταθμών, η μέση όμως θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα (Φεβρουάριος) λαμβάνει τιμές περί τους 3°C χαμηλότερη.

Η μέση ατμοσφαιρική σχετική υγρασία, βόρεια της νήσου ελαχιστοποιείται τον Ιούνιο και μεγιστοποιείται τον Δεκέμβριο, ενώ νότια της νήσου η ελάχιστη τιμή εμφανίζεται τον Ιούλιο. Επιπλέον, η μέση ελάχιστη σχετική υγρασία μειώνεται από τα δυτικά προς τα ανατολικά.

Σύμφωνα με στοιχεία της μελέτης «Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων Κρήτης (2001)» η μέση ετήσια βροχόπτωση (περιόδου επαναφοράς 2 ετών) στο ΥΔ ανέρχεται σε 927mm που αντιστοιχεί σε 7,69 δισ. κυβικά μέτρα κατακρημνισμάτων σε ετήσια βάση (πάνω από το 60% της ποσότητας αυτής χάνεται ως εξατμισοδιαπνοή). Η μέση ετήσια βροχόπτωση παρουσιάζει αύξηση από τα ανατολικά προς τα δυτικά (22%) και από νότια προς βόρεια. Η μέση μηνιαία βροχόπτωση είναι μέγιστη τον Δεκέμβριο ή τον Ιανουάριο και ελάχιστη τον Ιούλιο και τον Αύγουστο οι οποίοι είναι σχεδόν άνομβροι σε ολόκληρη την πεδινή Κρήτη. Το 25% περίπου της ετήσιας βροχόπτωσης συμβαίνει στους περισσότερους σταθμούς της Κρήτης στη διάρκεια του βροχερότερου μήνα. Αντίστοιχα, ο μηνιαίος αριθμός ημερών βροχής κυμαίνεται μεταξύ 15 ημερών περίπου κατά τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο και 0,3 ημέρες τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Ο αριθμός των ημερών βροχής δεν διαφέρει σημαντικά μεταξύ των ορεινών και των πεδινών περιοχών. Ο μέσος αριθμός ημερών βροχής στην Κρήτη ανέρχεται σε 90 περίπου ημέρες (25% του έτους).

Η Κρήτη παρουσιάζει ιδιαίτερα υψηλή ηλιοφάνεια. Ο μέσος ετήσιος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας ανέρχεται σε 2.700 περίπου ώρες στην βόρεια Κρήτη ενώ στη νότια Κρήτη ο μέσος ετήσιος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας είναι κατά 10% τουλάχιστον υψηλότερος ανερχόμενος σε 3.000 περίπου ώρες. Ο αριθμός ωρών ηλιοφάνειας της Ιεράπετρας είναι ο μεγαλύτερος της Ελλάδας.

3.1.2 Ανθρωπογενή Χαρακτηριστικά Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης (ΥΔ13)

Σε ότι αφορά στην διοικητική δομή του Υδατικού Διαμερίσματος της Κρήτης (ΥΔ13), αυτό ταυτίζεται χωρικά με την Περιφέρεια Κρήτης, η οποία αποτελεί το νοτιότερο διοικητικό διαμέρισμα της χώρας και χωρίζεται στις Περιφερειακές Ενότητες (ΠΕ) Χανίων, Ηρακλείου, Ρεθύμνου και Λασιθίου (Εικόνα 2.7) στις οποίες κατατάσσονται οι αντίστοιχοι Καλλικρατικοί Δήμοι (Πίνακας 3.1 & Εικόνα 3.8).



Εικόνα 3.7 - Περιφερειακές Ενότητες Κρήτης

ΛΑΠ GR39	Κίσσαμου
	Πλατανιά
	Χανίων
	Αποκορώνου
	Ρεθύμνου
	Μυλοποτάμου
	Ανωγείων
	Μαλεβιζίου
	Ηρακλείου
	Χερσονήσου
	Οροπέδιο Λασιθίου
ΛΑΠ GR40	Κανδάνου-Σελίνου
	Σφακίων
	Αγ. Βασιλείου
	Αμαρίου
	Φαιστού
	Γόρτυνας
	Αρχανών-Αστερουσίων
	Μινώα Πεδιάδας
ΛΑΠ GR41	Βιάννου
	Ιεράπετρας
	Νικολάου
	Σητείας

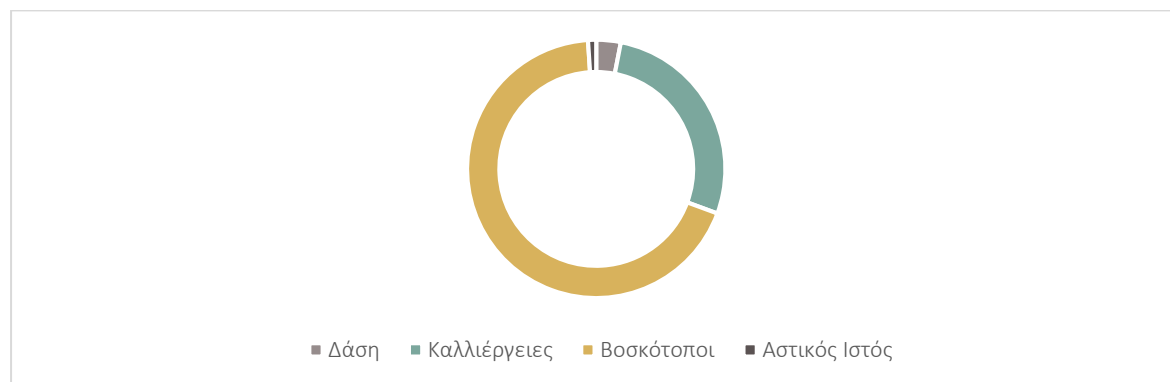
Πίνακας 3.1 - Καλλικρατικοί Δήμοι (Ν. 3852/ 2010 «Πρόγραμμα Καλλικράτης») ανά ΛΑΠ



Εικόνα 3.8 - Καλλικρατικοί Δήμοι Κρήτης

3.1.3 Χρήσεις Γης

Το Υδατικό Διαμέρισμα Κρήτης, καλύπτεται κατά κύριο λόγο από γεωργική γη/ βοσκοτόπους (67% της συνολικής έκτασης), σε σημαντικό ποσοστό από καλλιέργειες (27% της συνολικής έκτασης), σε μικρό ποσοστό από δασική έκταση (3% της συνολικής έκτασης), ενώ ο αστικός ιστός καταλαμβάνει μόνο το 1% της συνολικής έκτασης (Διάγραμμα 3.2). Όπως είναι αναμενόμενο, η παραπάνω κάλυψη γης μπορεί να οδηγήσει σε σημειακές ή διάχυτες περιβαλλοντικές πιέσεις στα επιφανειακά αλλά και στα υπόγεια ύδατα.

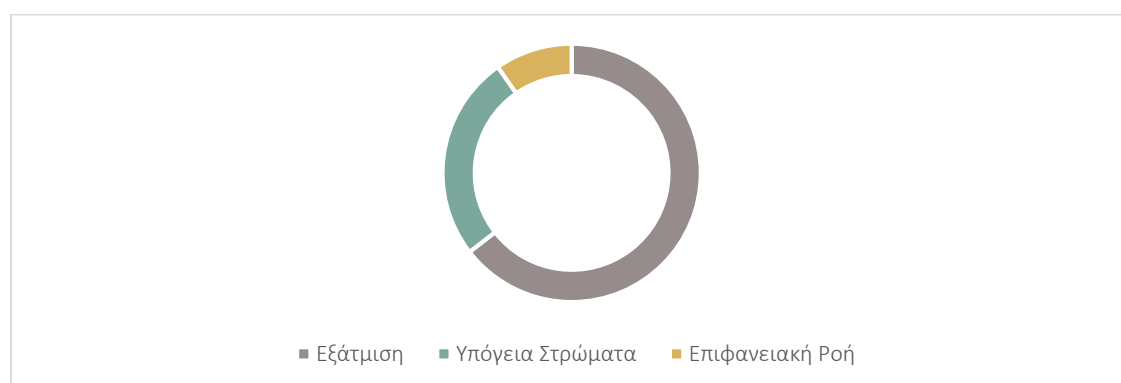


Διάγραμμα 3.2 - Χρήσεις Γης Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης, Ιδία επεξεργασία
 Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης, Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017

Η Κρήτη, ως νησιωτική περιοχή (σε αντίθεση με τις ηπειρωτικές περιοχές όπου υπάρχουν μεγάλα ποτάμια), επωφελείται μόνο από τα νερά που φτάνουν σε αυτήν με τη μορφή κατακρημμισμάτων (βροχή, χαλάζι, χιόνι). Η γεωγραφική της όμως θέση (νοτιότερο άκρο της Ευρώπης) και το γεωφυσικό της περιβάλλον, δεν ευνοούν τη συγκέντρωση μεγάλου όγκου νερού. Εξάλλου, η γεωγραφική της τοποθέτηση στη διεύθυνση ανατολής-δύσης, καθώς και η ύπαρξη υψηλών οροσειρών καθορίζουν και το ύψος των νερών που δέχεται ετησίως. Για το λόγο αυτό, παρατηρείται μια σημαντική ανισοκατανομή του ετήσιου όγκου βροχόπτωσης τόσο γεωγραφικά (η μέση ετήσια βροχόπτωση παρουσιάζει αύξηση από τα ανατολικά προς τα δυτικά

και από νότια προς βόρεια), όσο και φυσιογραφικά (πεδινές προς ορεινές περιοχές), εμφανίζοντας βροχοβαθμίδα (αύξηση της βροχόπτωσης με το υψόμετρο) από τις μεγαλύτερες της Ελλάδας: 61mm/100m (Σχέδιο Διαχείρισης Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης, Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017).

Το νησί δέχεται κατά μέσο όρο περίπου 7,5 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα κατακρημνισμάτων το χρόνο, από τα οποία όμως τα 5 περίπου δισεκατομμύρια (67%) εξατμίζονται λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν όλη σχεδόν τη διάρκεια του έτους. Τα 2 περίπου δισεκατομμύρια, δηλαδή ~28%, καταλήγουν στο εσωτερικό της γης και εμπλουτίζουν τα υπόγεια στρώματα. Ο μεγαλύτερος όγκος (~1,8 δισεκατομμύρια κυβικά) κατεισδύει στις καρστικές υδρογεωλογικές ενότητες, κυρίως στους ορεινούς όγκους του Ψηλορείτη, των Λευκών Ορέων, της Δίκτης-Σελένας και δευτερευόντως στις καρστικές ενότητες της Σητείας, όπου εντοπίζονται μεγάλες σε έκταση ανθρακικές ενότητες. Τα υπόλοιπα (~0,4 δισεκατομμύρια κυβικά) κατεισδύουν στις νεογενείς και άλλες υδροφορίες. Περίπου 0,75 δισεκατομμύρια κυβικά κατακρημνισμάτων ρέουν επιφανειακά σχηματίζοντας μικρά ποτάμια διαλείπουσας ροής στις πεδινές περιοχές (Διάγραμμα 3.3). Όμως, το συνολικό Υδατικό δυναμικό που δύναται να αξιοποιηθεί ανέρχεται σε 857 εκατομμύρια κυβικά περίπου (δεν περιλαμβάνονται οι τρεις μεγάλες υφάλμυρες καρστικές πηγές της Κρήτης), από τα οποία πάνω από το 60% δεν χρησιμοποιείται (χειμερινές παροχές πηγών και επιφανειακή απορροή). Αυτά, αποτελούν νερά καλής ποιότητας που είναι δυνατόν ο άνθρωπος να εκμεταλλευτεί με διάφορους τρόπους (Σχέδιο Διαχείρισης Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης, Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017).



Διάγραμμα 3.3 - Κατανομή Κατακρημνισμάτων Κρήτης, Ίδια επεξεργασία
Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης, Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017

Το σύνολο των καλλιεργούμενων εκτάσεων στο ΥΔ είναι περίπου 2.554.000στρ. Από τις ανωτέρω εκτάσεις αρδεύτηκαν το 2000 τα 1.079.093στρ. Το σύνολο των αρδευτικών αναγκών του νησιού ανέρχεται σε $439 \times 10^6 \text{m}^3/\text{έτος}$, ποσοστό 85,3% των συνολικών αναγκών του ΥΔ. Από τα 1,079,093στρ. αρδευόμενων εκτάσεων στην Περιφέρεια Κρήτης οι κατά τόπους ΤΟΕΒ αρδεύουν έκταση 303.436στρ. και ο ΟΑΚ Α.Ε. συνολική έκταση 66.531στρ. που αντιστοιχεί σε

ποσοστά 28,12% και 6,17% της συνολικής αρδευόμενης έκτασης. Οι υπόλοιπες εκτάσεις καλύπτονται από κοινοτικά, συνεταιριστικά και ιδιωτικά υδροληπτικά έργα μικρότερης έκτασης. Μια συνοπτική καταγραφή των ειδών της γεωργικής κάλυψης στην Ελλάδα από τον FAO, αναδεικνύει ότι από το 1988 έως το 2012 το ποσοστό των καλλιεργειών μειωνόταν, ενώ την περίοδο 2013 – 2017, αυξήθηκε (Πίνακας 3.2).

	Έκταση Χώρας	Αρόσιμη γη	Μόνιμες Καλλιέργειες	Καλλιέργειες	% Καλλιεργειών
1988-1992	13196,00	2864,00	1078,00	3942,00	29,87
1993-1997		2789,00	1096,00	3885,00	29,44
1998-2002		2717,00	1129,00	3846,00	29,14
2003-2007		2567,00	1134,00	3701,00	28,05
2008-2012		2540,00	1136,00	3676,00	27,86
2013-2017		2600,00	1125,00	3725,00	28,23

Πίνακας 3.2 – Διαχρονική κατάσταση καλλιεργειών στην Ελλάδα (1000ha)
Πηγή: FAO, 2018

i. Υδατικές Ανάγκες

Οι ετήσιες ανάγκες σε νερό για την κτηνοτροφία ανέρχονται για το Υδατικό Διαμέρισμα Κρήτης σε $6,2 \times 10^6 \text{m}^3$, ποσοστό 1,2% των συνολικών αναγκών του Υδατικού Διαμερίσματος. Στο Υδατικό Διαμέρισμα Κρήτης υπάρχουν ΒΙ.ΠΕ., ΒΙΟ.ΠΑ. και ΒΙ.ΠΑ. οι ανάγκες των οποίων καλύπτονται από υπόγεια νερά που αντλούνται από γεωτρήσεις. Ιδιαίτερες απαιτήσεις σε νερό έχουν οι πολλές οινοποιείες που υπάρχουν στο νησί όπως επίσης και ο μεγάλος αριθμός ελαιοτριβείων. Στην περιοχή λειτουργούν επίσης 11 βιομηχανίες εμφιάλωσης νερού. Σε γενικές γραμμές η ζήτηση νερού για βιομηχανική χρήση είναι μικρή και καλύπτεται επαρκώς. Οι υφιστάμενες ανάγκες ύδρευσης του μόνιμου και εποχιακού πληθυσμού του ΥΔ Κρήτης, ανέρχονται, σε ετήσια βάση, σε ποσοστό 12,7% των συνολικών αναγκών για όλες τις χρήσεις.

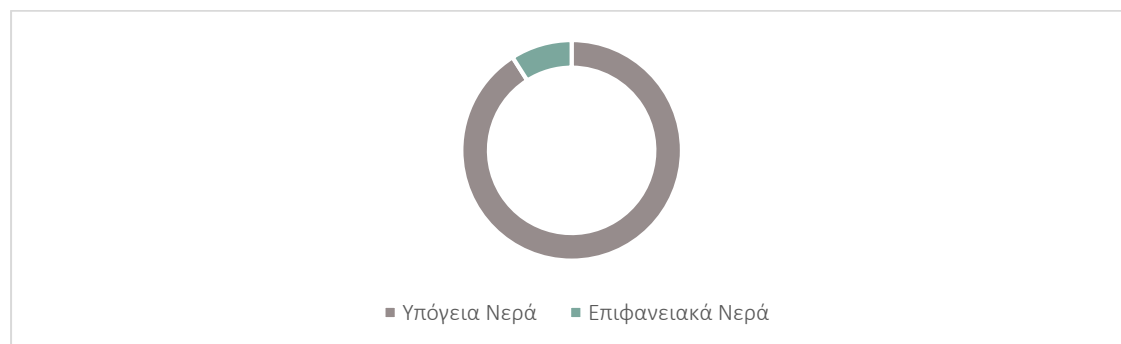
Η μέση ετήσια προσφορά (θεωρητικά) επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων ανέρχεται σε $2860 \times 10^6 \text{m}^3$ νερού ενώ η επιθυμητή ζήτηση ανέρχεται μόλις στα $515 \times 10^6 \text{m}^3$ (η πραγματική κατανάλωση για το έτος 2000 ανερχόταν σε $372 \times 10^6 \text{m}^3$). Όμως η ιδιαίτερη γεωλογία και γεωμορφολογία του ΥΔ και οι κλιματολογικές συνθήκες μειώνουν αυτό το πλεόνασμα, ενώ παράλληλα η έντονη εποχικότητα της προσφοράς και η χωρική ανισοκατανομή των πόρων οδηγούν σε αδυναμίες κάλυψης της υφιστάμενης ζήτησης κατά τόπους. Ενδεικτικό των ιδιαιτεροτήτων της Κρήτης αποτελεί το γεγονός ότι οι τρεις μεγάλες υφάλμυρες καρστικές πηγές της νήσου (Αλμυρός Γεωργιούπολης, Αλμυρός Ηρακλείου και Αλμυρός Αγίου Νικολάου)

εκφορτίζουν σε μέση ετήσια βάση περί τα $450 \times 10^6 \text{m}^3$, δηλαδή το 15,7% της συνολικής προσφοράς νερού, το 87,3% της συνολικής επιθυμητής ζήτησης και το 120,9% της πραγματικής σημερινής κατανάλωσης.

Η χωρική ανομοιογένεια της διαθεσιμότητας, αλλά κυρίως της δυνατότητας αξιοποίησης του νερού είναι ένας ακόμη παράγοντας που οξύνει τα προβλήματα κάλυψης της ζήτησης. Η Δυτική Κρήτη εμφανίζει κατά μέσο ετήσιο όρο 11,9% μεγαλύτερη προσφορά νερού απ' ό,τι η Ανατολική, αλλά οι υδατικοί πόροι είναι, για γεωλογικούς κυρίως λόγους, αξιοποιήσιμοι σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό. Ωστόσο, προβλήματα διαθεσιμότητας νερού εμφανίζονται κατά τόπους και στη Δυτική Κρήτη. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της Περιφέρειας Κρήτης, η ετήσια ζήτηση αρδευτικού νερού υπολογίζεται σε 439.6hm^3 , ώστε να καλυφθούν $1.079.093 \text{στρ.}$ αρδευόμενων εκτάσεων (Χανίων 108.9hm^3 , Ρεθύμνου 39.1hm^3 , Ηρακλείου 202.9hm^3 και Λασιθίου 88.7hm^3). Ειδικότερα σε ό,τι αφορά στην γεωργία το σύνολο των καλλιεργούμενων εκτάσεων στο Διαμέρισμα είναι ίσο με $2.569.337 \text{στρ.}$ (ΕΛ.ΣΤΑΤ., 1991). Από τις ανωτέρω εκτάσεις αρδεύτηκαν σύμφωνα με την ΕΛ.ΣΤΑΤ. (1991) τα 526.097στρ.

Από τα στοιχεία του ΥΠΑΑΤ, στο σύνολο του Υδατικού Διαμερίσματος καλύπτονται με αρδευτικά έργα 303.000στρ. Από την έκταση αυτή, τα 44.200στρ. αρδεύονται από επιφανειακά νερά, που αντιστοιχούν σε ποσότητα ίση με 27hm^3 ετησίως, και τα 258.800στρ. από πηγές και γεωτρήσεις (υπόγεια), που αντιστοιχούν σε ποσότητα ίση με 155hm^3 ετησίως. Οι υπόλοιπες εκτάσεις από το σύνολο των 526.097στρ. που αρδεύονται (ΕΛ.ΣΤΑΤ., 1991) καλύπτονται από κοινοτικά, συνεταιριστικά και ιδιωτικά υδροληπτικά έργα μικρότερης έκτασης. Για τις εκτάσεις αυτές, των 223.097στρ. , χρησιμοποιείται υπόγειο νερό από μικροπηγές και γεωτρήσεις, που αντιστοιχεί σε 134hm^3 ετησίως.

Επομένως στο Υδατικό Διαμέρισμα σήμερα, η ζήτηση για το σύνολο της άρδευσης, όπως πιο πάνω αναφέρθηκε, ανέρχεται σε 320hm^3 νερού ετησίως, από τα οποία τα 27hm^3 αφορούν σε επιφανειακά νερά και τα υπόλοιπα 290hm^3 σε υπόγεια (γεωτρήσεις, πηγές) (Διάγραμμα 3.4).



Διάγραμμα 3.4 – Ζήτηση Άρδευσης, Ιδία επεξεργασία
Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης, Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017

Σε ό,τι αφορά στην εφαρμογή τεχνολογιών εξοικονόμησης νερού στις αρδεύσεις, η κατάσταση θεωρείται ικανοποιητική, π.χ. η εφαρμογή της μεθόδου στάγδην πλησιάζει το 80% των αρδευόμενων εκτάσεων (Περιφέρεια Κρήτης, 2002).

Σύμφωνα με την έως τώρα καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης στην Κρήτη, και με βάση το σχέδιο διαχείρισης του Υδατικού της Διαμερίσματος, προκύπτουν τα ακόλουθα ως σημαντικότερα θέματα διαχείρισης των υδατικών:

1. Υπερεκμετάλλευση υδάτινων πόρων για ύδρευση και άρδευση
2. Κακή ποιοτική κατάσταση των υπόγειων υδατικών συστημάτων
3. Διείσδυση αλμυρού νερού στους παράκτιους υδροφορείς εξαιτίας της άμεσης επικοινωνίας τους με την θάλασσα αλλά και των γεωλογικών και τεκτονικών χαρακτηριστικών της νήσου
4. Πλήθος υφάλμυρων καρστικών πηγών μεγάλου δυναμικού στο Βόρειο τμήμα του νησιού, η αξιοποίηση των οποίων είναι περιορισμένη λόγω των υψηλών συγκεντρώσεων ιόντων χλωρίου
5. Ρύπανση επιφανειακών υδατικών συστημάτων από σημειακές και διάχυτες πηγές. Οι οποίες σχετίζονται συνήθως με την κτηνοτροφία, τη γεωργία, τη βιομηχανία και την αστική χρήση.
6. Οι μορφολογικές αλλοιώσεις των επιφανειακών υδατικών συστημάτων, με την κατασκευή μικρών ταμιευτήρων για την κάλυψη αρδευτικών και υδρευτικών αναγκών.
7. Η προστασία των οικοσυστημάτων των υγροτόπων.
8. Η επάρκεια και καλή ποιότητα πόσιμου νερού. Όσον αφορά προβλήματα επάρκειας και ποιότητας του πόσιμου νερού στο υδατικό διαμέρισμα Κρήτης, τα βασικά προβλήματα εντοπίζονται σε:
 - Τεχνικά, οργανωτικά και οικονομικά προβλήματα.
 - Προβλήματα ανεπάρκειας πόρων.
 - Ποιοτική επιβάρυνση υπόγειου νερού, είτε λόγω υπερεκμετάλλευσης και ρύπανσης, είτε φυσικής προέλευσης.

Επιπλέον, κατά την πολυδιάστατη και σύνθετη διαδικασία σύνταξης του Σχεδίου Διαχείρισης του ΥΔ13, καταγράφηκαν κάποιες δυσκολίες, πολλές από τις οποίες αποτέλεσαν τροχοπέδη και στην παρούσα έρευνα, καθώς ακόμη δεν έχουν αντιμετωπιστεί. Μερικές από αυτές είναι:

- ❖ Η μικρή κάλυψη από μετεωρολογικούς σταθμούς και σταθμούς παρακολούθησης, με συνέπεια πολύ λίγα διαθέσιμα δεδομένα
- ❖ Οι ελλείψεις σε πρόσφατα δεδομένα πεδίου

- ❖ Δυσκολίες ως προς την πληρότητα συλλογής στοιχείων που θα συμπλήρωναν και θα τεκμηρίωναν σε μεγαλύτερο βαθμό, αντικείμενα που εξετάστηκαν στο πλαίσιο των απαιτήσεων της Οδηγίας όπως τα στοιχεία των πιέσεων
- ❖ Αν και η συνεργασία των υπηρεσιών με αρμοδιότητες συναφείς με τη διαχείριση των υδατικών πόρων της περιοχής μελέτης ήταν γενικά εποικοδομητική, εντούτοις προβλήματα ανεπαρκούς στελέχωσης καθυστέρησαν ή και εμπόδισαν την απόκρισή τους σε σχετικά αιτήματα ή και στην ενεργό συμμετοχή στη διαβούλευση.
- ❖ Οι υπηρεσίες που καλούνται να υλοποιήσουν τα Σχέδια Διαχείρισης δεν είναι επαρκώς επανδρωμένες τόσο σε αριθμό όσο και σε κατάλληλες ειδικότητες του προσωπικού, τόσο στο επίπεδο της Αποκεντρωμένης Διοίκησης όσο και στο επίπεδο των Περιφερειών. Διαπιστώνεται επίσης σύγχυση και διασκορπισμός των σχετικών αρμοδιοτήτων για πολλά επιμέρους θέματα που άπτονται της διαχείρισης των υδάτων.
- ❖ Πλημμελή τήρηση αρχείων κόστους και τιμολόγησης νερού, μη τήρηση σχετικών λογιστικών προτύπων σε ορισμένες ΔΕΥΑ ή φορείς τοπικής αυτοδιοίκησης.
- ❖ Μη διάκριση οικονομικών στοιχείων των υπηρεσιών ύδρευσης και αποχέτευσης με αποτέλεσμα να είναι αδύνατη η διαφοροποίηση των δύο υπηρεσιών νερού στην οικονομική ανάλυση.

3.2 Προσδιορισμός Υδατικού Αποτυπώματος

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 υπόψιν 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 υπόψιν 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 εξαγονται 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.

Σύμφωνα με τα παραπάνω για τον υπολογισμό της πράσινης συνιστώσας του ΥΑ στην παρούσα εργασία, ιδανική θα ήταν η εφαρμογή της καθοδικής προσέγγισης, για την οποία όμως δεν έχουμε στη διάθεσή μας όλα τα απαραίτητα δεδομένα που αφορούν στο συνολικά εξαγόμενο και εισαγόμενο νερό (πχ. δεδομένα ύδρευσης/άρδευσης, λίπανσης κλπ.). Συνεπώς, ο υπολογισμός γίνεται βάσει του όγκου του καταναλωθέντος νερού εντός των ορίων της περιοχής μελέτης, για την κάλυψη των αναγκών των καλλιεργειών, των βοσκοτόπων και των δασών.

Το συνολικό ΥΑ (Water Footprint – WF) ισούται με το άθροισμα των τριών συνιστωσών του (Mekonnen et al., 2011) και εκφράζεται ως ο όγκος (m^3) γλυκού νερού που χρησιμοποιείται για μία συγκεκριμένη έκταση χρήσης γης (στρ.) για ένα έτος (Hoekstra et al., 2011):

$$WF = WF_{gr} + WF_b + WF_{grey} \quad (3.1)$$

Όπου:

Το WF_{gr} υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τον συνολικό όγκο του χρησιμοποιηθέντος πράσινου νερού CWU_{gr} ($m^3/στρ$) επί την αντίστοιχη έκταση της χρήσης γης σε στρ. (E):

$$WF_{gr} = CWU_{gr} * E \quad (3.2)$$

Στην περίπτωση των καλλιεργειών, ο υπολογισμός του WF_{gr} , έχει νόημα να αναχθεί σε σχέση με την απόδοση κάθε καλλιέργειας, διαιρώντας τον συνολικό όγκο του χρησιμοποιηθέντος πράσινου νερού CWU_{gr} ($m^3/στρ$) προς την απόδοση Y (t/στρ), όπου η απόδοση εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας, τις εδαφολογικές συνθήκες, τις κλιματολογικές συνθήκες, την καλλιεργητική τεχνική και άλλους παράγοντες και προκύπτει από το πηλίκο της παραγωγής της καλλιέργειας προς την έκτασή της:

$$WF_{gr} = CWU_{gr} / Y \quad (3.3)$$

Θεωρείται ότι τα καλλιεργούμενα φυτά, βρίσκονται σε ιδανικές συνθήκες εδαφικής υγρασίας, απολύτως υγιή, σωστά λιπασμένα και αναπτύσσονται σε μεγάλες εκτάσεις με 100% εδαφική κάλυψη, κι έχουν ενιαίο τρόπο καλλιέργειας (Romaguera M et al., 2010).

Αναφορικά στις υπόλοιπες συνιστώσες του WF, ειδικά για το πλαίσιο μελέτης που έχει τεθεί στην παρούσα εργασία (καλλιέργειες, βοσκοτόποι, δάση), σημειώνεται πως το WF_b , αφορά μόνο στη μελέτη των καλλιεργήσιμων εκτάσεων καθώς οι υδατικές ανάγκες των δασών και των βοσκοτόπων καλύπτονται εξ ολοκλήρου από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Το WF_b υπολογίζεται ως το πηλίκο του όγκου του μπλε νερού που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη της καλλιέργειας CWU_b ($m^3/στρ$) προς την απόδοση της καλλιέργειας Y ($t/στρ$):

$$WF_b = CWU_b / Y \quad (3.4)$$

Το WF_{grey} , 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 ($t/στρ$) της καλλιέργειας:

$$WF_{grey} = [(\alpha AR) / (C_{max} - C_{nat})] / Y \quad (3.5)$$

Υπενθυμίζεται σε αυτό το σημείο, πως αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί, μόνο η αποτίμηση της πράσινης συνιστώσας του WF.

3.3 Προσδιορισμός της Πράσινης Συνιστώσας του Υδατικού Αποτυπώματος (WF_{gr})

Το WF_{gr} καθορίζεται από τον συνολικό όγκο του πράσινου νερού που απαιτείται για την ανάπτυξη μιας χρήσης γης (CWU_{gr}) και την συνολική της έκταση (E). Ο απαιτούμενος όγκος πράσινου νερού (CWU_{gr}), εξαρτάται από την μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή (ET_p) και τη διαθέσιμη υγρασία του εδάφους που προέρχεται από την μηνιαία ωφέλιμη βροχόπτωση (P_{eff}).

Ως εξατμισοδιαπνοή (ET) ορίζεται 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). Αποτελεί 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 (ET_0), στη δυνητική

εξατμισοδιαπνοή (ET_p) και στην πραγματική εξατμισοδιαπνοή (ET). Ο υπολογισμός της ET_p αναλύεται εκτενώς σε επόμενη ενότητα.

Αντίστοιχα, ως μηνιαία ωφέλιμη βροχόπτωση (P_{eff}) ορίζεται το μέρος εκείνο του βρόχινου νερού που απομένει και αποθηκεύεται στη ζώνη του ριζοστρώματος (Τσακίρης, 1995), το οποίο εν συνεχεία χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών του φυτού. Ανάλογα με την ένταση και τη διάρκεια της βροχής, αλλά και το βαθμό κάλυψης του εδάφους από την εκάστοτε χρήση γης, μέρος αυτής απορρέει επιφανειακά και μέρος διηθείται βαθιά κάτω από το ριζόστρωμα. Το μέρος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα φυτά είναι αυτό που αποθηκεύεται στο ριζόστρωμα ανάμεσα στην υδατοϊκανότητα και στο κατώτερο όριο, μέχρι το οποίο μπορούν τα φυτά να αντλούν νερό εύκολα. Η αφαίρεση λοιπόν της επιφανειακής απορροής και της βαθιάς διήθησης, δίνει την χρήσιμη ή ωφέλιμη βροχόπτωση (Παπαζαφειρίου, 1999). 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 U.S. Department of Agriculture – Soil Conservation Service (1973):

$$P_{eff} = P*(125-0.2P)/125, P \leq 250\text{mm} \quad (3.6)$$

$$P_{eff} = 125+0.1P, P > 250\text{mm}$$

Αφού υπολογισθούν οι μηνιαίες τιμές της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (ET_p) 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_{gr} , ως το ελάχιστο μεταξύ των τιμών αυτών (ET_p, P_{eff}):

$$U_{gr} = \min[ET_p, P_{eff}] \quad (3.8)$$

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

$$CWU_{gr} = \sum U_{gr} \quad (3.9)$$

Τελικά, ο συνολικός όγκος του πράσινου νερού CWU_{gr} , εφαρμόζεται στις εξισώσεις που αναφέρθηκαν προηγουμένως (3.2, 3.3) και υπολογίζεται το WF_{gr} για κάθε χρήση.

3.3.1 Προσδιορισμός της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (ET_p)

Η σε βάθος κατανόηση των σχέσεων των κλιματικών παραμέτρων (κυρίως της βροχόπτωσης) με το φαινόμενο της εξατμισοδιαπνοής (ET), αποτελεί βασική προϋπόθεση για τον υπολογισμό της πράσινης συνιστώσας του υδατικού αποτυπώματος για μια συγκεκριμένη χρήση γης. Η εκτίμηση της ET 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 υπόψιν το υπόβαθρο των μεθόδων, οι προϋποθέσεις υπό τις οποίες αυτές λειτουργούν αλλά και οι απαιτήσεις τους.

Η ET μπορεί να προσδιορισθεί είτε με μετρήσεις, είτε με προσεγγιστικά μοντέλα. Οι μέθοδοι άμεσης ή έμμεσης μέτρησης της ET, 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 ET με λυσίμετρα και οι δεύτερες αναφέρονται ως μικρομετεωρολογικές μέθοδοι κατά τις οποίες η ET εκτιμάται βάσει μετεωρολογικών μεταβλητών (*Allen et al., 1998*). Εντούτοις, η μέτρηση της ET είναι χρονοβόρα και δαπανηρή διαδικασία, για αυτό και συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται εμπειρικά μοντέλα για τον υπολογισμό της, λαμβάνοντας υπόψιν ότι η εκτίμηση δεν μπορεί να είναι τόσο ακριβής όσο η μέτρηση. Στα περισσότερα εμπειρικά ή ημι-εμπειρικά μοντέλα υπολογισμού της ET που έχουν αναπτυχθεί, η εκτίμηση της πραγματικής ET απαιτεί την εκτίμηση της δυνητικής ET_p (ή της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς ET₀), η οποία προσδιορίζεται από μοντέλα συσχετίσεων ή διεργασιών. Συγκεκριμένα στην παρούσα εργασία, για τον προσδιορισμό της ET_p χρησιμοποιούνται οι μέθοδοι Blaney – Criddle και Hargreaves, οι οποίες σχετίζονται με τη θερμοκρασία του αέρα (μοντέλα βασισμένα σε συσχετίσεις). Σημειώνεται ότι σύμφωνα με τους Charchousi et. al., (2014) το πράσινο ΥΑ δεν επηρεάζεται σημαντικά από τη μέθοδο που θα επιλεγεί για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής, οπότε ο συνδυασμός των δύο μεθόδων δεν έχει αντίκτυπο στα τελικά δεδομένα.

i. 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:

$$ET_p = Kc * f \quad (3.10)$$

όπου:

- ET_p (mm/day): η δυνητική εξατμισοδιαπνοή
- Kc : ο εμπειρικός μηνιαίος συντελεστής συναρτήσεως του τύπου του φυτού (είδος καλλιέργειας/ βοσκότοπου, βλαστική περίοδος) και των κλιματολογικών συνθηκών
- f (mm/day): ο μηνιαίος κλιματικός παράγοντας που ισούται με:

$$f = (32 + 1.8T) * p / 3.94 \quad (3.11)$$

Σε ό,τι αφορά στη σχέση υπολογισμού του παράγοντα f , ο συντελεστής T ($^{\circ}C$) αντιστοιχεί στη μέση μηνιαία θερμοκρασία και ο συντελεστής p στο μέσο ημερήσιο ποσοστό συνολικής ετήσιας διάρκειας των ωρών ημέρας, συναρτήσεως του μήνα και του βόρειου γεωγραφικού πλάτους της περιοχής. Ο συντελεστής καλλιέργειας, Kc , ταυτίζεται με τον λόγο της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας υπό τυπικές συνθήκες, ET_p , προς την εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς γρασιδιού, ET_0 . Οι διαφορές στην εξάτμιση και την διαπνοή μεταξύ της εκάστοτε καλλιέργειας και της καλλιέργειας αναφοράς γρασιδιού μπορούν να ενσωματωθούν στον συντελεστή καλλιέργειας (Τσουνη, 2003). Εξαρτάται από την επιφανειακή και αεροδυναμική αντίσταση των φυτών. Στην πράξη, ο συντελεστής δίνεται από πίνακες ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας και το στάδιο ανάπτυξης (Κουτσογιάννης, 2000). Τα στάδια ανάπτυξης κάθε καλλιέργειας είναι τέσσερα: το αρχικό, το στάδιο ανάπτυξης, το μέσο και το τελικό. Εφόσον για τον υπολογισμό του YA της διαδικασίας ανάπτυξης κάθε καλλιέργειας επιλέχθηκε ο ένας μήνας ως χρονικό βήμα μελέτης, οι τιμές της εξατμισοδιαπνοής που προέκυψαν πολλαπλασιάστηκαν επί τον αριθμό των ημερών βλαστικής περιόδου ανά μήνα ώστε να προκύψει η μηνιαία εξατμισοδιαπνοή.

ii. Μέθοδος Hargreaves

Η μέθοδος Hargreaves (1974) ενδείκνυται για περιοχές με ελλιπή δεδομένα όπως οι δασικές (Μιμίκου & Μπαλάς, 2003). Σύμφωνα με την εν λόγω μέθοδο η δυνητική εξατμισοδιαπνοή ισούται με:

$$ET_p = MF (18T + 32) * CH \quad (3.12)$$

όπου:

- ETp (mm/month): η δυνητική εξατμισοδιαπνοή
- MF: ο μηνιαίος συντελεστής που εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος και δίνεται από αντίστοιχο πίνακα
- T (°C) : η μέση μηνιαία θερμοκρασία
- 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 ≤ 64% το CH=1:

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

3.4 Συλλογή & Προεπεξεργασία Γεωχωρικών Δεδομένων

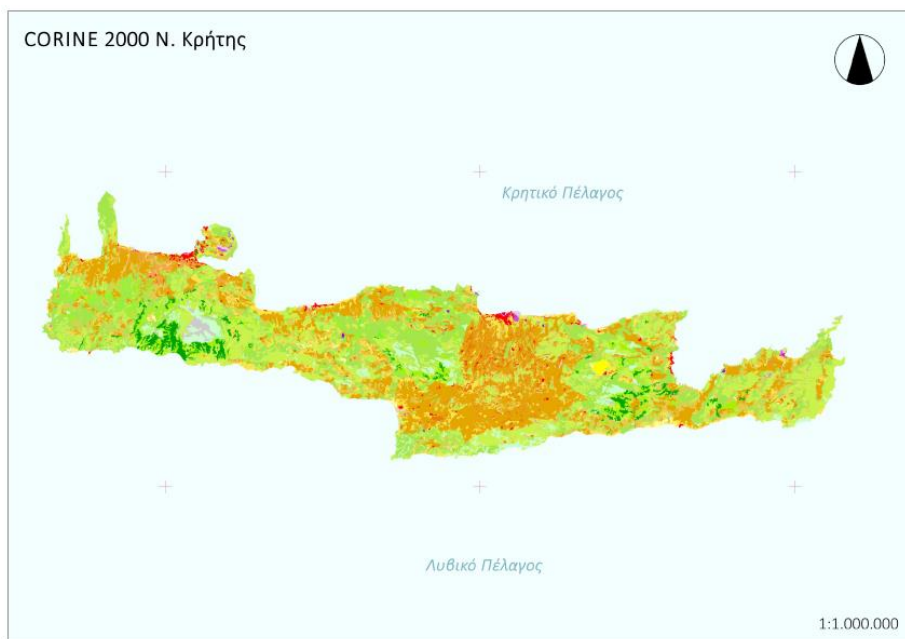
Εφόσον, ορίστηκαν η περιοχή μελέτης και η μέθοδος προσδιορισμού του WF_{gr} , απαραίτητη ήταν η συλλογή, επεξεργασία και οργάνωση των αρχικών δεδομένων. Επιπλέον, καθώς η έκταση της περιοχής μελέτης ήταν αρκετά μεγάλη, και άρα το πλήθος το δεδομένων ογκώδες, η διαδικασία υπολογισμού με απλές υπολογιστικές μεθόδους (excel) θεωρήθηκε ιδιαίτερα πολύπλοκη και χρονοβόρα, με περιορισμένη δυνατότητα ελέγχου και διορθώσεων. Για αυτό το λόγο, κρίθηκε σκόπιμη η αυτοματοποίηση της διαδικασίας υπολογισμών με το σχεδιασμό ενός αλγορίθμου, ο οποίος μπορεί να εφαρμοστεί σε περιβάλλον ArcGIS, χρησιμοποιώντας δηλαδή την εξειδικευμένη γλώσσα ArcPy¹. Η συλλογή των αρχικών δεδομένων, πραγματοποιήθηκε σταδιακά ως εξής:

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε μία προσέγγιση της κάλυψης γης της Κρήτης με την καταγραφή των χρήσεων από το αρχείο της Ελληνικής Στατιστικής Εταιρείας (ΕΛ.ΣΤΑΤ.). Ωστόσο, παρατηρήθηκε ότι η Κρήτη αποτελεί μια αρκετά μεγάλη περιοχή μελέτης, που διαθέτει ποικιλόμορφο ανάγλυφο και πολλά διαφορετικά είδη κάλυψης γης. Συνεπώς, το βασικό εμπόδιο ήταν ο όγκος των δεδομένων, αλλά και η αναφορά τους σε επίπεδο δήμων ή δημοτικών κοινοτήτων, και μάλιστα σε δύο διαφορετικά συστήματα (Καποδιστριακό – Καλλικρατικό επίπεδο). Υπενθυμίζεται ότι ζητούμενο στην παρούσα εργασία αποτελεί η εκτίμηση του WF_{gr} σε επίπεδο υδατικού συστήματος (λεκάνη απορροής) όπως αυτό καθορίζεται από την Οδηγία 2000/60/ΕΚ

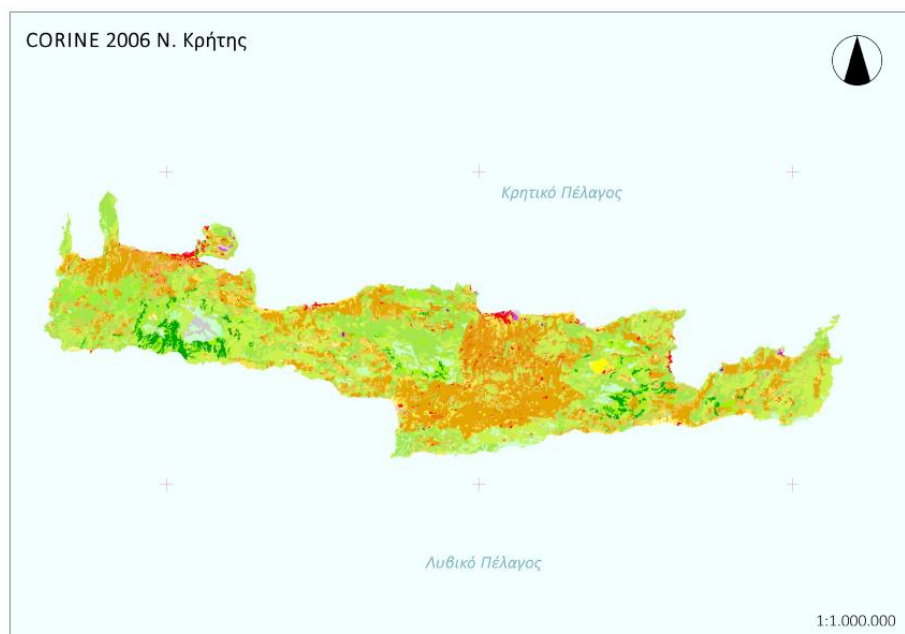
¹ Η ArcPy, αποτελεί ένα πακέτο της Python, με το οποίο μπορεί εύκολα και αποτελεσματικά να γίνει επεξεργασία και ανάλυση, μετατροπή, διαχείριση και αυτόματη οπτικοποίηση χωρικών δεδομένων. (<http://pro.arcgis.com/en/pro-app/arcpy/get-started/what-is-arcpy-.htm>)

για τα νερά. Οι παραπάνω δυσκολίες οδήγησαν στη χρήση τηλεπισκοπικών δεδομένων για την κάλυψη γης.

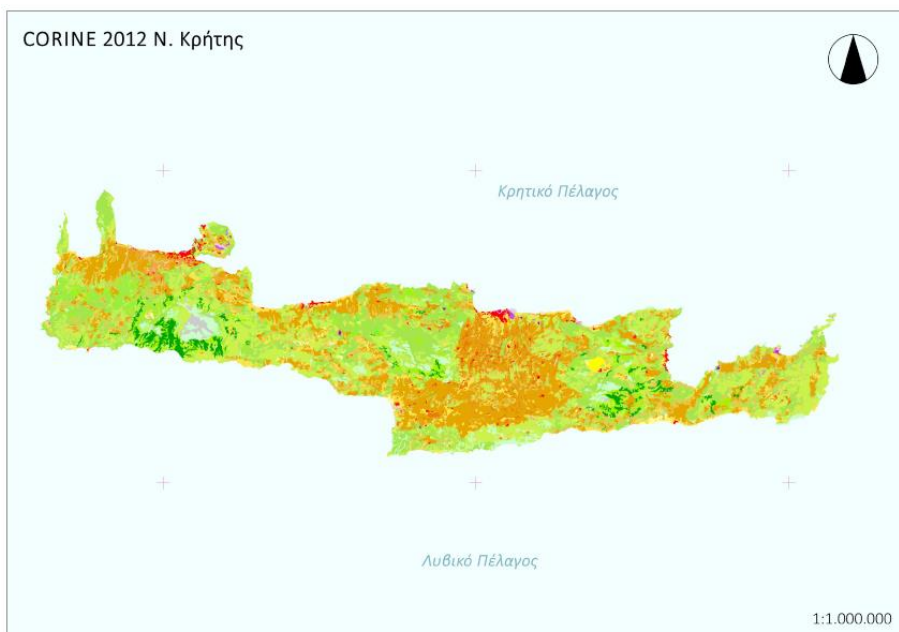
Συγκεκριμένα, λήφθηκαν τα δεδομένα χρήσεων γης για την Κρήτη, όπως αυτά διατίθενται από το CORINE Land Cover για τις χρονιές 2000 (Εικόνα 3.9), 2006 (Εικόνα 3.10) & 2012 (Εικόνα 3.11). Βάσει αυτών, ορίστηκε και το χρονικό εύρος της έρευνας, το οποίο ταυτίστηκε με τα δεδομένα CORINE Land Cover. [CORINE Land Cover2000.shp, CORINE Land Cover2006.shp, CORINE Land Cover2012.shp]



Εικόνα 3.9 – CORINE Land Cover 2000, Ιδία επεξεργασία



Εικόνα 3.10- CORINE Land Cover 2006, Ιδία επεξεργασία



Εικόνα 3.11 - CORINE Land Cover 2012, Ιδία επεξεργασία

Παρατηρήθηκε, ότι οι χρήσεις γης, σε βάθος χρόνου 12 ετών, δεν έχουν μεταβληθεί σχεδόν καθόλου. Αναλυτικότερα, οι χρήσεις καλλιεργειών (γεωργικών περιοχών) του CORINE Land Cover παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3.

211	Non-irrigated arable land	Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη
212	Permanently irrigated land	Μόνιμα αρδευόμενη γη
213	Rice fields	Ορυζώνες
221	Vineyards	Αμπελώνες
222	Fruit trees and berry plantations	Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς
223	Olive groves	Ελαιώνες
231	Pastures	Λιβάδια
241	Annual crops associated with permanent crop	Ετήσιες καλλιέργειες που σχετίζονται με μόνιμες καλλιέργειες
242	Complex cultivation patterns	Σύνθετες καλλιέργειες
243	Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation	Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά φυσικής βλάστησης τμήματα
244	Agro-forestry areas	Γεωργο-δασικές περιοχές

Πίνακας 3.3 - Χρήσεις καλλιεργειών (γεωργικών περιοχών) του CORINE Land Cover

<p>1. Τεχνητές επιφάνειες</p> <p>1.1 Αστικός ιστός</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.1.1 Συνεχής αστικός ιστός 1.1.2 Ασυνεχής αστικός ιστός <p>1.2 Βιομηχανικές-εμπορικές ζώνες και δίκτυα μεταφορών</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.2.1 Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες 1.2.2 Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα 1.2.3 Ζώνες λιμένων 1.2.4 Αεροδρόμια <p>1.3 Ορυχεία, χώροι απορρίψεως απορριμμάτων και χώροι οικοδόμησης</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.3.1 Χώροι εξορύξεως ορυκτών 1.3.2 Χώροι απορρίψεως απορριμμάτων 1.3.3 Χώροι οικοδόμησης <p>1.4 Τεχνητές μη γεωργικές ζώνες πρασίνου</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.4.1 Περιοχές αστικού πρασίνου 1.4.2 Εγκαταστάσεις αθλητισμού & αναψυχής 	<p>3. Δάση και ημι-φυσικές περιοχές</p> <p>3.1 Δάση</p> <ul style="list-style-type: none"> 3.1.1 Δάσος πλατύφυλλων 3.1.2 Δάσος κωνοφόρων 3.1.3 Μικτό δάσος <p>3.2 Συνδυασμοί θαμνώδους ή/και ποώδους βλάστησης</p> <ul style="list-style-type: none"> 3.2.1 Φυσικοί βοσκοτόποι 3.2.2 Θάμνοι και χερσότοποι 3.2.3 Σκληροφυλλική βλάστηση 3.2.4 Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις <p>3.3 Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση</p> <ul style="list-style-type: none"> 3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές 3.3.2 Απογυμνωμένοι βράχοι 3.3.3 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση 3.3.4 Αποτεφρωμένες εκτάσεις 3.3.5 Παγετώνες και αέναο χιόνι
<p>2. Γεωργικές περιοχές</p> <p>2.1 Αρόσιμη γη</p> <ul style="list-style-type: none"> 2.1.1 Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη 2.1.2 Μόνιμα αρδευόμενη γη 2.1.3 Ορυζώνες <p>2.2 Μόνιμες καλλιέργειες</p> <ul style="list-style-type: none"> 2.2.1 Αμπελώνες 2.2.2 Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς 2.2.3 Ορυζώνες <p>2.3 Λιβάδια</p> <ul style="list-style-type: none"> 2.3.1 Λιβάδια <p>2.4 Ετερογενείς γεωργικές περιοχές</p> <ul style="list-style-type: none"> 2.4.1 Ετήσιες καλλιέργειες που σχετίζονται με μόνιμες καλλιέργειες 2.4.2 Σύνθετες καλλιέργειες 2.4.3 Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης 2.4.4 Γεωργο-δασικές περιοχές 	<p>4. Υγρότοποι</p> <p>4.1 Υγρότοποι ενδοχώρας</p> <ul style="list-style-type: none"> 4.1.1 Βάλτοι στην ενδοχώρα 4.1.2 Τυρφώνες <p>4.2 Παραθαλάσσιοι υγρότοποι</p> <ul style="list-style-type: none"> 4.2.1 Παραθαλάσσιοι βάλτοι 4.2.2 Αλυκές 4.2.3 Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα
	<p>5. Υδάτινες επιφάνειες</p> <p>5.1 Χερσαία ύδατα</p> <ul style="list-style-type: none"> 5.1.1 Υδατορρέυματα 5.1.2 Επιφάνειες στάσιμου ύδατος <p>5.2 Θαλάσσια ύδατα</p> <ul style="list-style-type: none"> 5.2.1 Παράκτιες λιμνοθάλασσες 5.2.2 Εκβολές ποταμών 5.2.3 Θάλασσες και ωκεανοί

Εικόνα 3.12 – Ελληνική ονοματολογία CORINE Land Cover

Βασικά δεδομένα αποτέλεσαν επίσης τα κλιματικά δεδομένα, τα οποία λήφθηκαν από τις βάσεις δεδομένων της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ) και του METEO.GR, το οποίο αποτελεί την ελληνική και απλουστευμένη έκδοση της ήδη υπάρχουσας σελίδας του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Συγκεκριμένα, από τις πηγές αυτές αντλήθηκαν οι μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας (T), της βροχόπτωσης (P) και της σχετικής υγρασίας (RH), για όλους τους διαθέσιμους μετεωρολογικούς σταθμούς για τις χρονιές 2000, 2006 & 2012. Τα δεδομένα αυτά λήφθηκαν σε μορφή .txt. Κάθε .txt αρχείο περιλάμβανε τις μέσες τιμές μίας παραμέτρου για όλους τους μήνες, ανά χρονιά για όλους τους διαθέσιμους μετεωρολογικούς σταθμούς. Τα δεδομένα αυτά, οργανώθηκαν σε πίνακες, στους οποίους συμπεριλήφθηκαν οι ονομασίες των καταγεγραμμένων, διαθέσιμων μετεωρολογικών σταθμών, οι συντεταγμένες και το υψόμετρό τους, η πηγή από την οποία προήλθαν (METEO.GR /ΕΜΥ) και οι μετρήσεις που λήφθηκαν σε αυτούς ανά μήνα. Τονίζεται ότι σε περίπτωση έλλειψης κλιματικών δεδομένων σε ένα σταθμό, τα πεδία παρέμειναν κενά. [Temp01.xlsx, Rain01.xlsx, Hum01.xlsx] Σημειώνεται, πως πριν την τελική διαμόρφωση των κλιματικών δεδομένων, είχαν συλλεχθεί δεδομένα από την ΕΜΥ, το METEO.GR αλλά και την ΑΠΔ Κρήτης. Παρατηρήθηκε σε αυτά ότι τα πιο πρόσφατα καταγεγραμμένα χορηγούνται από το meteo.gr, ενώ τα παλαιότερα από την ΑΠΔ, ενώ τέλος θεωρήθηκαν ως τα πιο έγκυρα αυτά της ΕΜΥ. Ωστόσο, σε επόμενα στάδια της επεξεργασίας, έγινε εμφανές πως τα δεδομένα της ΕΜΥ, είχαν πολλά λάθη, καθώς οι συσχετίσεις με το υψόμετρο (επόμενο βήμα) δεν λάμβαναν ορθές τιμές. Αυτό, συνέβη διότι στα δεδομένα είχαν αποδοθεί είτε λανθασμένες συντεταγμένες είτε λανθασμένα υψόμετρα, το οποίο επιβεβαιώθηκε με την εκ νέου απόδοση υψομέτρων στα σημειακά κλιματικά δεδομένα της ΕΜΥ, από το ΨΜΕ. Οι αποκλίσεις σε αυτή την περίπτωση, ήταν απαγορευτικές για την χρήση των δεδομένων αυτών στον υπολογισμό του ΥΑ. Συνεπώς, εξαιτίας αυτού επαναπροσδιορίστηκε η περίοδος έρευνας, αλλά και οι πηγές των κλιματικών δεδομένων. Εν τέλει, χρησιμοποιήθηκαν μόνο όσοι σταθμοί της ΕΜΥ ελέγχθηκαν και ήταν σωστοί ως προς τη θέση τους σε συνδυασμό με τα δεδομένα του meteo.gr.

Οι σταθεροί συντελεστές MF και p, που σχετίζονται με το μήνα και το γεωγραφικό πλάτος οργανώθηκαν σε μορφή πίνακα. [StatheroiSyntelestes.xlsx] Στην περίπτωση του ΥΔ13, το βόρειο γεωγραφικό πλάτος κυμαίνεται περίπου από 35° 18' 00'' έως 35° 16' 00'', για αυτό και θεωρήθηκε ενιαίο και ίσο με 35° 00' 00'' (Παπαζαφειρίου, 1999). Οι τιμές των σταθερών συντελεστών προέκυψαν με γραμμική παρεμβολή για γεωγραφικό πλάτος ίσο με 35ο 00' 00'' (Πίνακας 3.4, Εικόνα 3.12 & Πίνακας 3.5).

Βόρειο Γεωγρ. Πλάτος	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιουλ.	Αύγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοέμ.	Δεκ.
60°	0.15	0.20	0.26	0.32	0.38	0.41	0.40	0.34	0.28	0.22	0.17	0.13
58	0.16	0.21	0.26	0.32	0.37	0.40	0.39	0.34	0.28	0.23	0.18	0.15
56	0.17	0.21	0.26	0.32	0.36	0.39	0.38	0.33	0.28	0.23	0.18	0.16
54	0.18	0.22	0.26	0.31	0.36	0.38	0.37	0.33	0.28	0.23	0.19	0.17
52	0.19	0.22	0.27	0.31	0.35	0.37	0.36	0.33	0.28	0.24	0.20	0.17
50	0.19	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.20	0.18
48	0.20	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.21	0.19
46	0.20	0.23	0.27	0.30	0.34	0.35	0.34	0.32	0.28	0.24	0.21	0.20
44	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.35	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.20
42	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
40	0.22	0.24	0.27	0.30	0.32	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
35	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.32	0.30	0.28	0.25	0.23	0.22
30	0.24	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23
25	0.24	0.26	0.27	0.29	0.30	0.31	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24
20	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30	0.29	0.28	0.26	0.25	0.25
15	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25
10	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.26
5	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27
0	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27

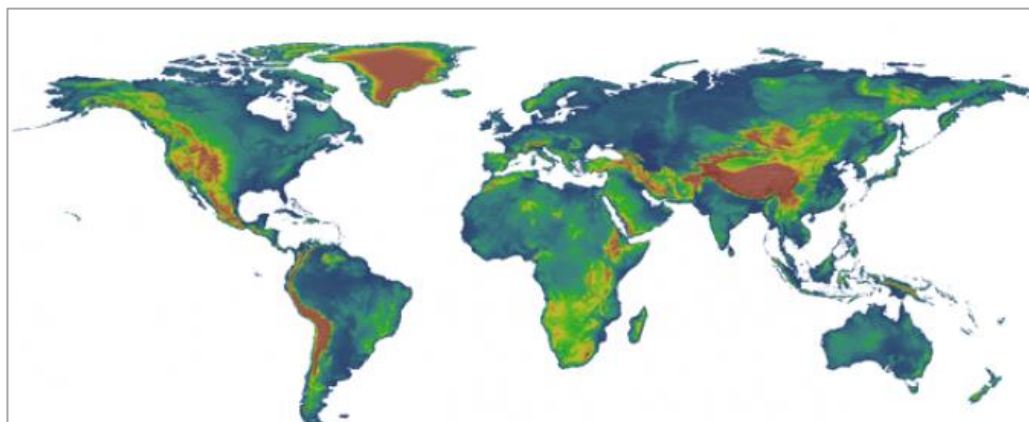
Εικόνα 3.13 - Η παράμετρος p συναρτῆσει η του γεωγραφικού πλάτους και του χρόνου - μέσο ημερήσιο ποσοστό συνολικής ετήσιας διάρκειας των ωρών ημέρας (p)
Πηγή: Παπαζαφειρίου (1999)

M	MF	p
1	0,44	0,23
2	1,04	0,25
3	1,64	0,27
4	2,23	0,29
5	2,01	0,31
6	2,56	0,32
7	2,95	0,32
8	2,53	0,30
9	1,46	0,28
10	1,35	0,25
11	0,90	0,23
12	0,75	0,22

Πίνακας 3.4 – Σταθεροί συντελεστές για τον υπολογισμό του WF_{gr} στην Κρήτη

Δεδομένου ότι τα κλιματικά δεδομένα δόθηκαν σημειακά -θέσεις μετεωρολογικών σταθμών- απαραίτητη θεωρήθηκε η χωρική παρεμβολή τους ώστε να αποκτήσει τιμή κάθε σημείο της περιοχής μελέτης για να μπορέσουν να γίνουν οι υπολογισμοί του WF_{gr} . Ωστόσο, για την αναγωγή αυτή ιδιαίτερη σημασία είχε η υψομετρική πληροφορία, καθώς είναι διαφορετικής βαρύτητας η καταγραφή μίας τιμής θερμοκρασίας, βροχόπτωσης ή υγρασίας σε χαμηλότερο ή υψηλότερο υψόμετρο αντίστοιχα. Συνεπώς, απαραίτητη ήταν η λήψη ΨΜΕ για την Κρήτη. Για τη διαδικασία αυτή επιλέχθηκε το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (ΨΜΕ) - Shuttle Radar

Topographic Mission (SRTM) 4.1 το οποίο διατίθεται από την Consultative Group on International Agricultural Research - Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI), σε μορφή GeoTIFF (Εικόνα 3.13).



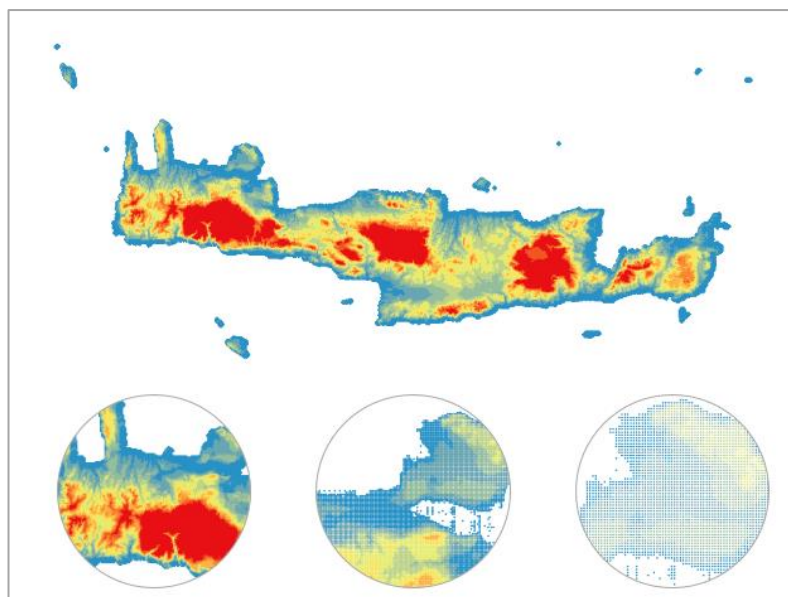
Εικόνα 3.14 - Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους - SRTM 4.1
Πηγή: UNITED NATIONS Office of Outer Space Affairs, 2018

Η ακρίβεια του ΨΜΕ είναι ίση με 90m και λήφθηκε σε τέσσερις διαφορετικές εικόνες ή οποίες ενώθηκαν σε ένα μωσαϊκό, το οποίο εν τέλει περιορίστηκε στο πολύγωνο της περιοχής μελέτης (Εικόνα 3.14).



Εικόνα 3.15 - Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους - SRTM 4.1 για την Κρήτη, Ιδία επεξεργασία

Με αρχικό δεδομένο το SRTM (raster), εξάχθηκαν σημεία με γνωστές συντεταγμένες (X,Y) και υψόμετρα (H) για όλη την περιοχή μελέτης, σε κানাβο 200m (Εικόνα 3.15). [srtm_xyz.shp]



Εικόνα 3.16 – Σημεία SRTM, Ιδία επεξεργασία

- ❖ Για την αναγωγή των μετρήσεων των σταθμών με βάση το υψόμετρο, απαραίτητος ήταν ο προσδιορισμός των συντελεστών διόρθωσης (σ) που προέκυψαν από τη μηνιαία συσχέτιση κάθε κλιματικής παραμέτρου με το υψόμετρο των μετεωρολογικών σταθμών, ανά 1000m. Η συσχέτιση αυτή έγινε με εφαρμογή της μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων και οι τιμές που προέκυψαν οργανώθηκαν σε ξεχωριστούς πίνακες για κάθε χρονιά. [Param.xlsx] Η γενική εξίσωση που χρησιμοποιήθηκε για την διόρθωση αυτή είναι:

$$\text{Κλιματικά Δεδομένα} + (\sigma) * H / 1000 \quad (3.14)$$

Αναλυτικότερα, θεωρήθηκε ότι η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία είναι αντιστρόφως ανάλογες τιμές με το υψόμετρο καθώς μειώνονται κατά $\sigma/1000\text{m}$ όσο αυτό αυξάνεται και αντίστροφα. Αντιθέτως, η βροχόπτωση μεταβάλλεται ανάλογα με τις υψομετρικές διακυμάνσεις, αυξανόμενη όσο το υψόμετρο αυξάνεται και το αντίστροφο (Πίνακες 3.6, 3.7, 3.8). Σημειώνεται σε αυτό το σημείο ότι αρχικά, έγινε δοκιμή να γίνουν οι αναγωγές σε σχέση με το υψόμετρο με βάση σταθερούς συντελεστές. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε η κατακόρυφη θερμοβαθμίδα (Lapse Rate) για την θερμοκρασία και εμπειρικός συντελεστής ίσος με 200mm για την βροχόπτωση, αλλά τα αποτελέσματα δεν θεωρήθηκαν ικανοποιητικά.

	Temp	Hum	Rain
1	-8,75	-28,31	58,33
2	-7,60	-16,28	155,57
3	-5,73	-5,05	17,11
4	-3,75	4,66	32,21
5	-3,76	1,95	61,65
6	-3,71	3,18	0,40
7	-2,04	8,06	-1,84
8	-4,64	0,77	0,26
9	-4,20	2,01	4,67
10	-6,24	-6,71	36,38
11	-4,78	8,02	301,28
12	-8,05	-5,21	53,09

Πίνακας 3.5 – Συντελεστές Διόρθωσης για το έτος 2000

	Temp	Hum	Rain
1	-11,69	-35,97	20,32
2	-9,33	-24,18	202,03
3	-7,78	-18,84	-83,77
4	-5,32	-0,83	-100,88
5	-6,50	11,19	-81,95
6	-6,89	-11,94	-27,25
7	-6,85	-18,92	-1,92
8	-3,49	12,92	-3,46
9	-9,64	-9,19	-69,15
10	-9,50	-32,76	-359,79
11	-11,90	-26,33	-67,83
12	-10,90	-21,77	-38,01

Πίνακας 3.6 – Συντελεστές Διόρθωσης για το έτος 2006

	Temp	Hum	Rain
1	-8,77	-19,17	273,44
2	-8,03	-15,05	205,32
3	-7,32	-5,77	53,67
4	-5,11	7,26	55,19
5	-5,66	3,10	4,97
6	-5,74	1,83	-0,04
7	-6,69	-0,69	0,07
8	-7,31	-3,08	-0,24
9	-6,85	-0,59	-6,45
10	-6,92	-3,18	9,18
11	-7,54	-13,10	53,05
12	-7,80	-11,16	168,64

Πίνακας 3.7 – Συντελεστές Διόρθωσης για το έτος 2012

Ο συντελεστής Kc, υπολογίστηκε ως διαίρεση της πραγματικής προς την δυνητική εξατμισοδιαπνοή. Η διαδικασία αναλύεται σε επόμενη ενότητα.

Οι αποδόσεις που χρησιμοποιήθηκαν σε περαιτέρω επεξεργασία των αποτελεσμάτων των πράσινων ΥΑ για τις καλλιέργειες, υπολογίσθηκαν με τη βοήθεια των ετήσιων δεδομένων της ΕΛ.ΣΤΑΤ. Για να πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός των αποδόσεων των καλλιεργειών, έγινε σε πρώτο στάδιο ομαδοποίηση των κατηγοριών της ΕΛ.ΣΤΑΤ. βάσει των κατηγοριών του CORINE Land Cover. Για αυτό χρησιμοποιήθηκε το έγγραφο «ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΚΑΙ ΛΕΚΤΙΚΟΥ ΣΤΗΛΩΝ ΤΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ ΤΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ» (ΕΛ.ΣΤΑΤ.) που αφορά στα ερωτηματολόγια των ετών 2007 – 2013 (Πίνακας 3.9).

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: ΓΕΩΡΓΙΑ	
Κεφάλαιο Α1. Αροτραίες καλλιέργειες	101-170
Κεφάλαιο Α1.2. Κηπευτικές καλλιέργειες	200-241
Κεφάλαιο Α1.3. Κηπευτική γη-θερμοκήπια-Εμπορικοί ανθόκηποι	800-812
Κεφάλαιο Α2α. Δενδρώδεις καλλιέργειες	301-338
Κεφάλαιο 2γ. Παραγωγή ελαιόλαδου	816-820
Κεφάλαιο Α3. Αμπέλια-Σταφιδάμπελα	401-407
Ποσότητα μούστου	821-822
Κεφάλαιο Α4. Ανακεφαλαίωση	171-180
Α8. Παραγωγή καυσόξυλων	813
ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ	851-886
ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ: ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ	
Κεφάλαιο Γ1. Αριθμός ζώων κάθε ηλικίας	601-630
Κεφάλαιο Γ2. Παραγωγή Κτηνοτροφικών Προϊόντων	
Γ2α. Ζώα γαλακτοφόρα που γέννησαν, ζώα που αρμέχτηκαν και παραγωγή γάλακτος	701-711
Κεφάλαιο Γ2β. Αριθμός ζώων που σφάγηκαν και παραγωγή κρέατος από αυτά	721-734
Κεφάλαιο Γ2γ. Παραγωγή άλλων κτηνοτροφικών προϊόντων	831-847
ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ: ΑΛΙΕΙΑ	
Εα. Αλιεία εσωτερικών υδάτων	900-909
Κεφάλαιο Εβ. Παράκτια θαλάσσια αλιεία με κωπήλατες λέμβους (χωρίς μηχανή προώθησης)	920-924
Κεφάλαιο Εγ. Μηχανοκίνητα επαγγελματικά σκάφη θαλάσσιας αλιείας με μηχανή προώθησης μέχρι και 19 ίππων (HP)	930-931

Πίνακας 3.8– Κωδικοί και λεκτικά στηλών ερωτηματολογίου της ετήσιας γεωργικής έρευνας
Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2018

Ελέγχοντας τα δεδομένα της ΕΛ.ΣΤΑΤ., παρατηρήθηκε εκτός του ότι χρησιμοποιούνται διαφορετικές διοικητικές ενότητες λόγω της αλλαγής από το σύστημα «Καποδίστριας» σε αυτό του «Καλλικράτη», ότι οι κύριες κατηγορίες ήταν μεν οι ίδιες σε κάθε χρονιά, άλλαζαν όμως οι κωδικοί σε υποκατηγορίες, όπως πχ. στους ελαιώνες. Παράλληλα, λαμβάνοντας υπόψιν τα

αρχεία μεταδεδομένων του CORINE Land Cover, οι κατηγορίες γεωργικών περιοχών διαμορφώθηκαν όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.10.

211	Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη	<ul style="list-style-type: none"> • καλλιεργούμενα ποώδη φυτά και χαμηλά αναπτυσσόμενα θάμνοι όπως: <ul style="list-style-type: none"> ○ τακτικές ετήσιες καλλιέργειες, όπως τα σιτηρά, οι ριζωματικές καλλιέργειες, οι οσπριοειδείς καλλιέργειες, οι ελαιούχες καλλιέργειες. ○ ετήσιες ή πολυετείς καλλιέργειες που καλλιεργούνται στο πλαίσιο της αμειψισποράς (αλφάλφα, σπαρμένο χόρτο για ενσίρωση ή παραγωγή χόρτου) ○ λαχανικά ○ πολυετή φυτά όπως τα σπαράγγια και το κιχώριο ○ ημι-μόνιμες καλλιέργειες όπως οι φράουλες ○ μη μόνιμες βιομηχανικές καλλιέργειες όπως κλωστοϋφαντουργικά φυτά, ελαιούχα φυτά (π.χ. βαμβάκι, λινάρι) ○ καπνός ○ φυτά καρυκευμάτων (π.χ. μουστάρδα) ○ ζαχαροκάλαμο ○ λουλούδια ○ βιομηχανικές καλλιέργειες λουλουδιών όπως είδη λεβάντας ○ αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά • γυμνό έδαφος καλλιεργούμενης γης • αγριόχορτα • καλάμια & στάχυα των καλλιεργούμενων αροτραίων καλλιεργειών. • Καλλιέργειες σπόρων (φρούτα και μούρα) ή μόνιμοι χλοοτάπητες συνολικά <25% της έκτασης • διασκορπισμένη, ως επί το πλείστο γραμμική, ημι-φυσική ή αγροτική βλάστηση μεταξύ των αγροτεμαχίων • φράκτες ή πέτρινοι τοίχοι που χωρίζουν τα αγροτεμάχια • θερμοκήπια (πλαστικά ή γυάλινα) εκτός της μεσογειακής κλιματικής ζώνης • προσωρινές αποθέσεις συγκομιδών ή υπολειμμάτων καλλιεργειών (π.χ. άχυρο) • επιφάνειες <25 εκταρίων άλλων τύπων καλλιεργειών (π.χ. βοσκότοποι, φυτείες).
212	Μόνιμα αρδευόμενη γη	<ul style="list-style-type: none"> • αροτραίες καλλιέργειες • μη μόνιμο γρασίδι • αρδευτικές υποδομές (κανάλια, τεχνικές κατασκευές, λίμνες) • θερμοκήπια σε μεσογειακές κλιματολογικές περιοχές
213	Ορυζώνες	<ul style="list-style-type: none"> • φυτό ρυζιού • ανοικτές επιφάνειες νερού σε αγροτεμάχια • καλάμια ρυζιού • κανάλια άρδευσης • επιχώματα μεταξύ των ορυζώνων

221	Αμπελώνες	<ul style="list-style-type: none"> • φυτά αμπέλου • γυμνό έδαφος ή κάλυψη χλόης μεταξύ φυτών αμπέλου • επιπέδους οπωρώνες ή ετήσιες καλλιέργειες, που καταλαμβάνουν <50% της επικράτειας • διάσπαρτα μπαλώματα ή σειρές (ημι-) φυσικής βλάστησης • δομές στήριξης των καλλιεργειών • δίοδοι μέσα στις φυτείες • πέτρινοι τοίχοι που χωρίζουν τα αγροτεμάχια
222	Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς	<ul style="list-style-type: none"> • ξυλώδεις μόνιμες καλλιέργειες όπως: <ul style="list-style-type: none"> ○ θάμνοι μούρων: μαύρα και/ή κόκκινα φραγκοστάφυλα, σμέουρα, φραγκοστάφυλα, βατόμουρα ○ οπωρώνες: μήλα, αχλάδια, δαμάσκηνα, βερίκοκα, ροδάκινα, κεράσια, κυδώνια, άλλα ροδόχρου και σύκα ○ εσπεριδοειδή: πορτοκάλια, λεμόνια, μανταρίνια, γκρέιπφρουτ ○ καλλιέργειες ξηρών καρπών: κάστανο, καρύδι, αμύγδαλο, φουντούκι, φιστίκι ○ τροπικά φρούτα: αβοκάντο, μπανάνες, γκουάβα, μάνγκο, ακτινίδια, φρούτα του πάθους, παπάγια, ανανάδες, ρόδια, κάσιους, καρύδες ○ καφές, κακάο, μουριά, τσάι • γυμνό έδαφος ή χλόη μεταξύ των ξυλωδών καλλιεργειών • οπωροφόρα δέντρα σε θερμοκήπια • διάσπαρτα πράσινα φυτά και φυσική βλάστηση <25% μεταξύ των φυτειών • δομές στήριξης των καλλιεργειών • δίοδοι μέσα στις φυτείες • αρδευτικές λίμνες και πισίνες <25 εκτάρια • κτίρια, σφραγισμένες ή μη σφραγισμένες περιοχές αποθήκευσης που συνδέονται με την παραγωγή φρούτων <25 εκτάρια
223	Ελαιώνες	<ul style="list-style-type: none"> • ελαιόδεντρα • αμπέλια ή οπωροφόρα δένδρα αναμειγμένα με ελιές • γυμνό έδαφος ή ποώδη βλάστηση ανάμεσα σε ελαιόδενδρα. • διάσπαρτα μπαλώματα ημι-φυσικής βλάστησης • διασκορπισμένες ετήσιες καλλιέργειες που καταλαμβάνουν <50% • δεξαμενές άρδευσης
231	Λιβάδια	<ul style="list-style-type: none"> • ποώδη βλάστηση • γρασίδι (graminacea) που κυριαρχεί στη βοτανική σύνθεση, • βότανα (<i>Taraxacum officinale</i>, <i>Ranunculus</i> spp., <i>Chrysanthemum leucantemum</i>, <i>Knautia arvensis</i>, <i>Achillea millefolium</i>, <i>Salvia</i> spp., κλπ.). • διάσπαρτη ξυλώδη βλάστηση, δέντρα που δεν καλύπτουν περισσότερο από το 30% της έκτασης • φράκτες • πέτρινους τοίχους που χωρίζουν τα αγροτεμάχια • Εγκαταστάσεις αγροτικής υποδομής (περιφράξεις, καταφύγια, περικόλιστα, σημεία ποτίσματος, πότισμα)

241	Ετήσιες καλλιέργειες που σχετίζονται με μόνιμες καλλιέργειες	<ul style="list-style-type: none"> καλλιέργειες ξυλείας (οπωροφόρα δένδρα ή θάμνοι, ελιές) σε συνδυασμό με είτε μη μόνιμες καλλιέργειες ή μόνιμες επιφάνειες γρασιδιού προαιρετικά με διάσπαρτα μπαλώματα πράσινου.
242	Σύνθετες καλλιέργειες	<ul style="list-style-type: none"> αγροτεμάχια αροτραίων καλλιεργειών (που καταλαμβάνουν το <75% της περιοχής) αγροτεμάχια μόνιμων καλλιεργειών, όπως αμπελώνες, οπωροφόρα δέντρα, ελιές (κάθε είδος που καταλαμβάνει <50% της περιοχής) αγροτεμάχια μόνιμων βοσκοτόπων (βοσκοτόπων, λιβαδιών) κήπους κανονικά κτίρια, καλύβες (που καταλαμβάνουν <30% της περιοχής) σφραγισμένους ή μη σφραγισμένους δρόμους (βρωμιά ή πίσσα)
243	Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά φυσικής βλάστησης τμήματα,	<ul style="list-style-type: none"> αγροτεμάχια γεωργικών καλλιεργειών, βοσκοτόπων, αμπελώνες & φυτείες μούρων σε συνδυασμό με μπαλώματα φυσικής βλάστησης τα αγροτεμάχια των υπολοίπων φυσικών δασών, ομάδων δένδρων και θάμνων και / ή μικρές υδάτινες μάζες, ροές υδάτων ή υγροτόπους και / ή μικρές φυσικές μη βλάστησης ή αραιοκατοικημένες περιοχές προαιρετικά με σποραδικά σπίτια αγροτικού οικισμού ή αγροτικά κτίρια.
244	Γεωργο-δασικές περιοχές	<ul style="list-style-type: none"> αροτραίες καλλιέργειες ή μόνιμους βοσκοτόπους σε υποχρεωτικό συνδυασμό με δέντρα, συνήθως βελανιδιές, και συγκεκριμένα το holm (<i>Quercus ilex</i>) και ο φελλός (<i>Quercus suber</i>), αλλά και η χαρουπιά, οξιά, πεύκα ή φοίνικες. προαιρετικά θάμνοι

Πίνακας 3.9 – Ανάλυση κατηγοριών γεωργικών εκτάσεων CORINE Land Cover

Πηγή: Copernicus – Europe's eyes on Earth, Land Monitoring Service, 2018

Προέκυψε από την παρουσίαση και ανάλυση των κατηγοριών, ότι τα σύνολα των εθνικών δεδομένων δεν εναρμονίζονται με τα δεδομένα που χορηγούνται σε ευρωπαϊκό επίπεδο, γεγονός που οφείλεται στο ότι δεν έχει υιοθετηθεί ακόμη ο Ν.3882/2010 περί της «Εθνικής Υποδομής Γεωχωρικών Πληροφοριών & της Εναρμόνισης με την Οδηγία 2007/2/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 14ης Μαρτίου 2007». (Νίκας, 2014) Συνεπώς, κατέστη αναγκαία η αναγωγή των χρήσεων τις οποίες χρησιμοποιεί η ΕΛ.ΣΤΑΤ. σε χρήσεις CORINE Land Cover. Για τη διαδικασία αυτή, χρησιμοποιήθηκαν τα μεταδεδομένα του CORINE Land Cover, και σύμφωνα με την επεξήγηση κάθε χρήσης γης, αντιστοιχήθηκαν σε αυτή οι αντίστοιχες χρήσεις της ΕΛ.ΣΤΑΤ. Σημειώνεται ότι η διαδικασία αυτή αντιστοίχισης, πραγματοποιήθηκε μόνον για τις καλλιέργειες, καθώς σε αυτές ήταν απαραίτητα τα δεδομένα αποδόσεων τα οποία μόνο η ΕΛ.ΣΤΑΤ. μπορούσε να μας παράσχει σε αυτό το επίπεδο.

Για την επίτευξη της αναγωγής των χρήσεων γης της ΕΛ.ΣΤΑΤ. σύμφωνα με το CORINE Land Cover, ελέγχθηκαν οι κατηγορίες της ΕΛ.ΣΤΑΤ. μία προς μία και αφαιρέθηκαν τα δεδομένα που αφορούσαν σε γεωργικά μηχανήματα (851-886), κτηνοτροφία (601-630, 701-711, 721-734, 831-842, 843-847), αλιεία (900-930), αλλά και αυτά που αφορούσαν στην παραγωγή ελαιόλαδου (816-820), παραγωγή μούστου (821-822) παραγωγή καυσόξυλων (813) και τέλος όσοι κωδικοί σχετίζονταν με ανακεφαλαιώσεις και σύνολα (171-180, 167-168, 239, 336, 337, 406-407).

Βάσει του Πίνακα 3.10, αντιστοιχήθηκαν οι κατηγορίες της ΕΛ.ΣΤΑΤ. με τις κατηγορίες του CORINE Land Cover (Πίνακας 3.11), και για αυτές υπολογίστηκε το άθροισμα των αποδόσεων, ως το ηλίκο της παραγωγής προς την έκταση (ή τον αριθμό των δέντρων, όπου δεν υπήρχαν δεδομένα έκτασης). Εφόσον, τα δεδομένα της ΕΛ.ΣΤΑΤ. δίνονται σε επίπεδο διοικητικών διαμερισμάτων, τελικά οι υπολογισμένες αποδόσεις για κάθε χρήση καλλιέργειας στο Λασιίθι, το Ρέθυμνο, τα Χανιά και το Ηράκλειο, αθροίστηκαν ώστε να προκύψει η συνολική απόδοση της εκάστοτε χρήσης σε όλη την έκταση της Κρήτης, κάθε χρονιά.

ΕΛ.ΣΤΑΤ.	ΚΩΔ00	ΚΩΔ06/12	CORINE Land Cover	ΚΩΔΙΚΟΣ
Αροτραίες καλλιέργειες (γενικά)	101-169	101-166	Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη	211
Κηπευτικές καλλιέργειες	200-241	201-238		
Αροτραίες καλλιέργειες	170	175	Μόνιμα αρδευόμενη γη	212
Αμπέλια-Σταφιδάμπελα	401-407	401-405	Αμπελώνες	221
Άμπελοι Σταφιδάμπελοι	173	177		221
Δενδρώδεις καλλιέργειες	301-325	303-328	Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς	222
Ελαιόδενδρα	327-328	301-302	Ελαιώνες	223
Αροτραίες καλλιέργειες (λιβάδια)	145-151	146-152	Λιβάδια	231
	156-160	156-160		

Πίνακας 3.10 - Αντιστοίχιση κατηγοριών ΕΛ.ΣΤΑΤ. με CORINE Land Cover

Σημειώνεται σε αυτό το σημείο ότι για τον υπολογισμό της απόδοσης για τις υποκατηγορίες των ετερογενών γεωργικών περιοχών (2.4), επειδή δεν ήταν δυνατή κάποια αναγωγή σύμφωνα με το CORINE Land Cover, θεωρήθηκε η απόδοση ίση με τον μέσο όρο των αποδόσεων των χρήσεων 222 & 223 του CORINE Land Cover, καθώς αυτές λαμβάνουν τις μέγιστες τιμές.

Οι υπολογισμένες αποδόσεις, διαμορφώθηκαν σε μονοδιάστατους πίνακες για κάθε έτος, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ευκολότερα από το αλγόριθμο στη συνέχεια (Πίνακας 3.12 & Διάγραμμα 3.5).

year	sumY	sum211	sum212	sum221	sum222	sum223	sum231	sum240
2000	136464,18	10024,50	0,23	0,17	107787,69	18117,98	533,62	62952,83
2006	139101,32	11166,86	0,26	0,20	105657,22	21650,87	625,91	63654,04
2012	128733,47	11678,40	0,19	0,21	98823,94	17585,89	644,84	58204,92

Πίνακας 3.11 - Ετήσιες Αποδόσεις ανά κατηγορία CORINE Land Cover

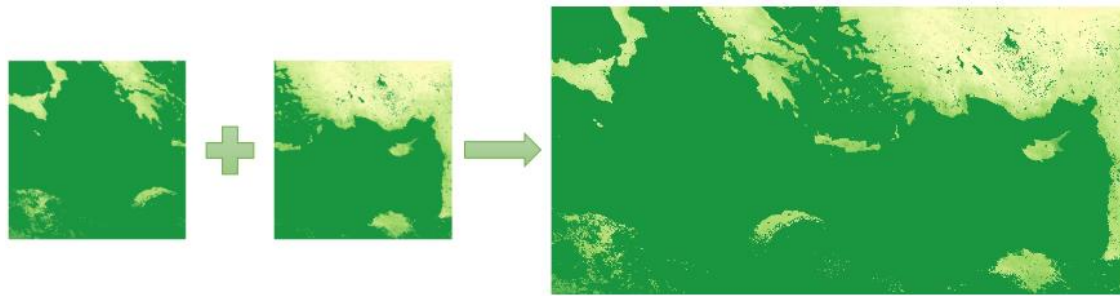


Διάγραμμα 3.5 – Αποδόσεις Καλλιεργειών για όλες τις χρονιές στο ΥΔ13 – Κρήτη

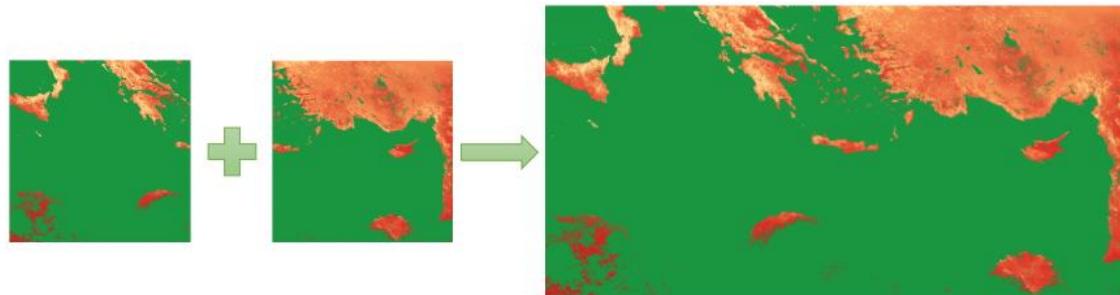
Τέλος, στο σύνολο των αρχικών δεδομένων συμπεριλήφθηκαν τα όρια των λεκανών απορροής & των υπολεκανών απορροής ποταμού, των νομών και των καλλικρατικών και καποδιστριακών δήμων.

3.4.1 Προσδιορισμός συντελεστή Kc από δεδομένα MODIS

Αρχικά, συλλέχθηκαν τα δεδομένα που αφορούν στην περιοχή μελέτης, τα οποία σύμφωνα με τον ημιτονοειδή κλίμακα που χρησιμοποιείται στα προϊόντα MODIS είχαν συντεταγμένες (19,5) & (20,5). Τα προϊόντα αυτά λήφθηκαν σε μορφή raster (hdf) και μετατράπηκαν σε GeoTIFF, διαχωρίζοντας τα δεδομένα της ET και της ET_p για κάθε εικόνα ώστε να είναι πιο εύκολα επεξεργάσιμα από GIS περιβάλλοντα. Για να καλύπτεται η περιοχή μελέτης, απαραίτητη ήταν η δημιουργία μωσαϊκού των δύο εικόνων κάθε φορά (Εικόνες 3.16 & 3.17).



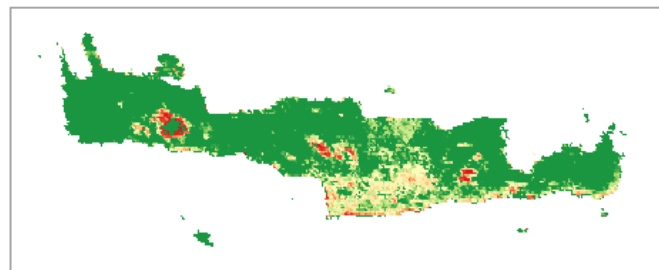
Εικόνα 3.17 - Δημιουργία μωσαϊκού εικόνων ET_p (Μάιος 2000)



Εικόνα 3.18 - Δημιουργία μωσαϊκού εικόνων ET (Μάιος 2000)

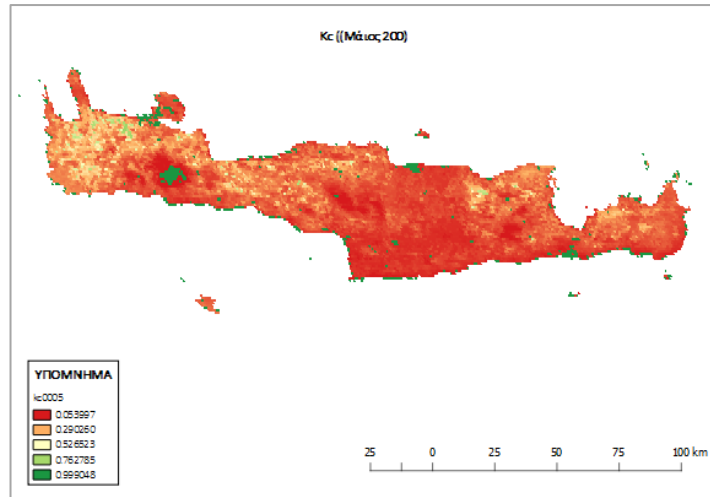
Η απεικόνιση στις εικόνες 3.16 & 3.17, πραγματοποιήθηκε με τον ίδιο αριθμό κλάσεων και το ίδιο εύρος τιμών. Με κόκκινο αποτυπώνονται οι χαμηλότερες και με πράσινο οι υψηλότερες τιμές. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η πραγματική ET λαμβάνει μικρότερες τιμές από αυτές της δυνητικής, το οποίο θεωρείται λογικό, βάσει ορισμού.

Στη συνέχεια, με περικοπή των ορίων της εικόνας περιορίστηκε η απεικονιζόμενη πληροφορία μόνο στην ευρύτερη περιοχή μελέτης (Εικόνα 3.18).



Εικόνα 3.19 - ET (Μάιος 2000)

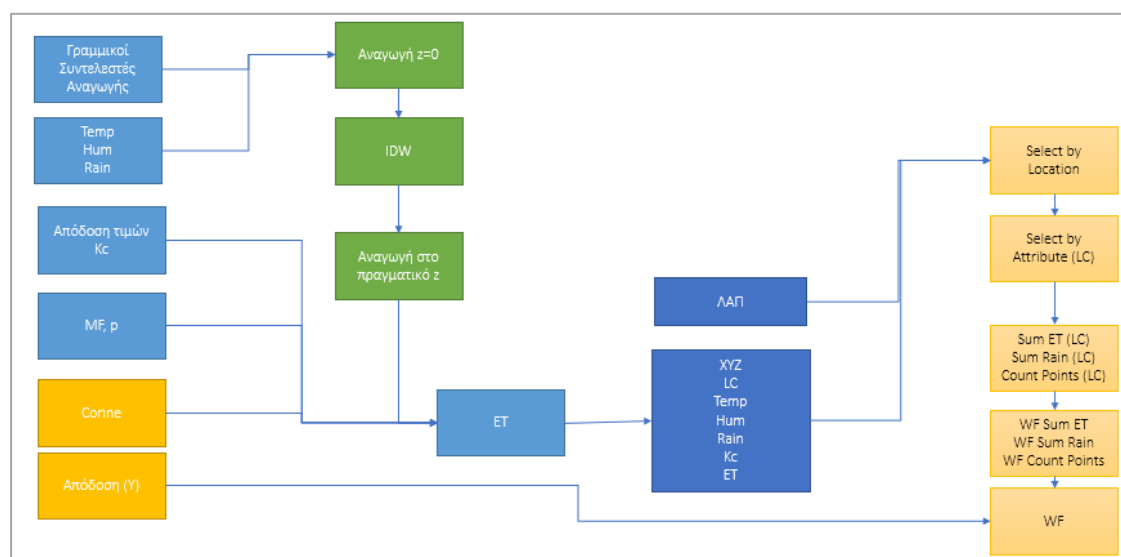
Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η διαίρεσή των δεδομένων ET και ET_p με το εργαλείο RasterCalculator του QGIS, παράγοντας ένα νέο GeoTIFF για κάθε μήνα, κάθε χρονιάς ξεχωριστά που αντιστοιχούσε στην τιμή του φυτικού συντελεστή K_c (Εικόνα 3.19). [kcyymm.GeoTIFF, όπου yy: τα δύο τελευταία ψηφία της κάθε χρονιάς και mm: τα χαρακτηριστικά ψηφία κάθε μήνα].



Εικόνα 3.20 – Κ_c (Μάιος 2000)

4 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ [WFgreen]

Εφόσον, ενημερώθηκαν όλα τα απαραίτητα δεδομένα, πραγματοποιήθηκε η υλοποίηση του αλγορίθμου σε ArcPy, με στόχο να προκύψει ένας ενιαίος αλγόριθμος που θα λαμβάνει τα αρχικά δεδομένα και θα εξάγει ως τελικό αποτέλεσμα το πράσινο ΥΑ για κάθε υπολεκάνη απορροής στην Κρήτη, για κάθε χρήση, για κάθε χρονιά. Σημειώνεται, ότι ο τελικός αλγόριθμος, ο οποίος παρατίθεται στο Παράρτημα, συνιστά αποτέλεσμα πολλών δοκιμών και ενδιάμεσης αξιολόγησης των αποτελεσμάτων.



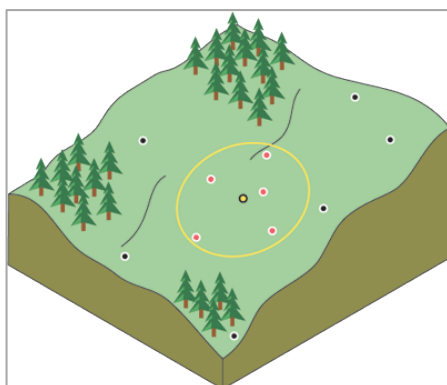
Διάγραμμα 4.1 – Διάγραμμα Ροής Εργασιών

Αρχικά έγινε εισαγωγή των δεδομένων σε επίπεδο έτους (κίτρινο) και σε επίπεδο μήνα (μπλε), έπειτα πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητες πράξεις για την αναγωγή/διόρθωση των αρχικών δεδομένων και υπολογίστηκαν οι τιμές της ET_p . Τονίζεται ότι η διαδικασία έως αυτό το στάδιο, υλοποιήθηκε για κάθε σημείο του SRTM. Στην συνέχεια, εφόσον υπήρχε για κάθε σημείο ο αντίστοιχος πίνακας με όλες τις διορθωμένες και υπολογισμένες τιμές, αυτός συνδυάστηκε με το αρχείο των πολυγώνων των ΛΑΠ. Εφόσον λοιπόν επιλέχτηκαν τα σημεία που βρίσκονταν σε μία λεκάνη, διαχωρίστηκαν με βάση τη χρήση τους και υπολογίστηκαν το σύνολό τους στη ΛΑΠ, και το άθροισμα των τιμών ET_p και P τους. Με τις τιμές αυτές, υπολογίστηκαν εντέλει οι μηνιαίες τιμές του ΥΑ για κάθε χρήση, σε κάθε ΛΑΠ για κάθε χρονιά (Διάγραμμα 4.1). Σημαντικά βήματα στην διαδικασία που περιγράφεται και η οποία υλοποιήθηκε με τον αλγόριθμο WF_{green} αποτελούν τα εξής:

1. Έπρεπε αρχικά να προκύψουν οι πίνακες με τις μεταβλητές του WF_{gr} , για κάθε σημείο. Βάσει αυτού, αποδόθηκαν αρχικά οι χρήσεις από το CORINE Land Cover (00,06,12). Για να γίνει αυτό το διανυσματικό (vector) αρχείο CORINE Land Cover κάθε χρονιάς, μετατράπηκε σε κανονικοποιημένο (raster) αρχείο [PolygonToRaster_conversion] και αποδόθηκαν τιμές σε κάθε σημείο της περιοχής μελέτης [DEM_XYZ] με τη χρήση του

εργαλείου ExtractValuesToPoints. Επειδή το εργαλείο ExtractValuesToPoints, δημιούργησε ένα νέο πεδίο ονοματίζοντάς το αυτόματα RASTERAVALU, το πεδίο μετονομάστηκε σε LC (LandCover). Αναλυτικότερα, θεωρήθηκε ως τιμή εδαφικής κάλυψης σε κάθε σημείο, η τιμή του κέντρου του pixel (200x200) που δημιουργήθηκε από τη μετατροπή του αρχείου πολυγώνων του CORINE Land Cover, σε raster, δεδομένου ότι η εν λόγω ακρίβεια θεωρήθηκε ικανοποιητική για το επίπεδο μελέτης της παρούσας εργασίας.

2. Ακολούθησε η αντιγραφή των αρχείων των μετρήσεων από τους μετεωρολογικούς σταθμούς σε νέα προσωρινά αρχεία τα οποία θα χρησιμοποιηθούν σε πράξεις, ώστε να διασφαλιστεί ότι δεν θα μεταβληθούν τα αρχικά δεδομένα [Copy_management].
3. Υπολογίστηκε ο ακριβής αριθμός των ημερών του μήνα, από συγκεκριμένη συνάρτηση [calendar.monthrange].
4. Σε επίπεδο τώρα κλιματικής παραμέτρου [valtypes], «διαβάστηκε» ο αντίστοιχος γραμμικός συντελεστής διόρθωσης και δημιουργήθηκε νέο πεδίο [lr], στο οποίο αποδόθηκε η τιμή που προκύπτει από την αναγωγή της τιμής της κλιματικής παραμέτρου στο επίπεδο της θάλασσας, όπου $H = 0$ με την εξίσωση 3.14.
5. Ακολούθησε η εφαρμογή της μεθόδου παρεμβολής Inverse distance weighted (IDW) με σταθερό μέγεθος κελιού (200), δύναμη παρεμβολής (1,3), αριθμό σημείων (40) και ορισμένο workspace extent από την οποία προέκυψε ένα raster αρχείο, με τιμές της κλιματικής παραμέτρου για κάθε σημείο της περιοχής μελέτης, στο επίπεδο της θάλασσας. Στη μέθοδο IDW χρησιμοποιούνται οι μετρήσεις που περιβάλλουν την θέση πρόβλεψης για να υπολογιστεί μία τιμή για κάθε μη καταγεγραμμένη θέση, με την παραδοχή ότι τα αντικείμενα που βρίσκονται εγγύτερα το ένα στο άλλο είναι πιο πιθανό να μοιάζουν από ό,τι αυτά που βρίσκονται σε μεγαλύτερη απόσταση. Η τιμή που προβλέπεται εντάσσεται στο πεδίο τιμών που χρησιμοποιούνται στην παρεμβολή. Επειδή η IDW συνιστά ένα μέσο όρο που δίνει βάρος στην απόσταση, κάθε μέσος όρος δεν μπορεί να υπερτερεί της υψηλότερης τιμής ούτε χαμηλότερη από την χαμηλότερη τιμή που ανάγεται (Εικόνα 4.1). Συνεπώς, δεν δημιουργούνται «κοιλιάδες». Αυτή η μέθοδος θεωρείται ιδανική για δεδομένα μεγάλου πλήθους. (*How IDW works, ArcMap, 2018*) Σημειώνεται, ότι αρχικά έγινε δοκιμή εξαγωγής των παρεμβολών με την μέθοδο Kriging, Thiessen και IDW, αλλά χωρίς να ληφθεί υπόψιν η υψομετρική διακύμανση, στο περιβάλλον του ArcGIS, η οποία δεν είχε καθόλου ικανοποιητικά αποτελέσματα.



Εικόνα 4.1 – Γειτνίαση με βάση την IDW για επιλεγμένο σημείο
 Πηγή: How IDW works, ArcMap, 2018

6. Το raster αρχείο που προέκυψε από την παρεμβολή αυτή, μετατράπηκε σε σημεία [ExtractValuesToPoints], τα οποία ανάχθηκαν στο πραγματικό τους πλέον υψόμετρο χρησιμοποιώντας την εξίσωση 3.14 με αντίθετο πρόσημο (αντί για (+), χρησιμοποιήθηκε (-)). Με αυτό το βήμα ολοκληρώθηκε η επαναληπτική διαδικασία που αφορούσε στις κλιματικές παραμέτρους κι επιστρέψαμε σε επίπεδο μήνα (Εικόνα 4.2).

```

82 fox vt in valtypes: #Temp, Hum, Rain
83 elapsed_time = time.time() - start_time
84 arcpy.AddError(elapsed_time)
85
86 arcpy.AddWarning(" > Υπολογισμός " + vt)
87 fname = vt+"_l_20"+year #λεκτικό ονομάτος προεωρίνου αρχείου κλιματικών δεδομένων
88 lr = "F"+str(month)+"_sea" #λεκτικό ονομάτος νεού πεδίου στο πίνακα vt20** τία μορφία "F+_sea"
89 param = param_row.getValue(vt) #διάρκεια πρwtis γραμμής του αρχείου γραμμικών συσταλετών συσταλετών κλιματικών δεδομένων με το υψόμετρο
90 arcpy.AddField_management(fname, lr, "DOUBLE") #διμιουργία νεού πεδίου στον πίνακα vt20**, με ονόμα lr, τύπου double
91 calc = "(!*(F"+str(month)+"+_sea)+str(param)+*(R)/1000)" #λεκτικό υπολογισμού IR, προώλλι κλιματικών δεδομένων σε μιδενικό υψόμετρο
92
93 arcpy.AddMessage(" > Υπολογισμός IR για τία ανάγνγί τών κλιματικών δεδομένων στο επίπεδο τία θαλάσσια (z=0)")
94 arcpy.CalculateField_management(fname, lr, calc) #υπολογισμός IR και αποδοσί τία τία στο αντίστοιχο κελί
95
96 arcpy.Delete_management(lr+".shp") #διμιουργία αρχείου lr.shp που διμιουργείται στία προωρίνα μνίμτ του αρχείου αν υπάρχει
97
98 a = arcpy.MakeXEventLayer_management(fname, "X", "Y", lr+".shp", "H") #διμιουργία προωρίνου αρχείου lr.shp (table to xy)
99
100 #IDW - ορίσμός παραμέτρων
101 arcpy.AddMessage(" > IDW")
102 searchRadius = RadiusVariable(40)
103 outIDW = Idw(a, lr, 200, 1.3, searchRadius) #εκτέλεσί IDW (spatial analyst)
104
105 #ExtractValuesToPoints για τία αποδοσί τία από το IDW σε κάθε σημείο που έχει εκσάκθει από SRTM (create.tif)
106 arcpy.AddMessage(" > ExtractValuesToPoints")
107
108 srtm_base = "A"+year + "{:02d}".format(int(srtm_counter)) #λεκτικό ονομάτος προεωρίνου αρχείου (base)
109 srtm_name = "A"+year + "{:02d}".format(int(srtm_counter) + 1) #λεκτικό ονομάτος προεωρίνου αρχείου
110
111 #διμιουργία αρχείου srtm_name αν υπάρχει
112 arcpy.Delete_management(srtm_name)
113
114 ExtractValuesToPoints(srtm_base, outIDW, srtm_name)
115
116 arcpy.AddMessage(" > Υπολογισμός IIR για τία ανάγνγί τών κλιματικών δεδομένων στο πραγματικό του υψόμετρο")
117 calc = "(!*(RASTERVALU)+"_sea"+str(param)+*(Field3)/1000)" #λεκτικό υπολογισμού IIR
118 ilr = vt+"_calc" #λεκτικό ονομάτος νεού πεδίου στο προεωρίνο αρχείο τία μορφία vtcalc
119
120 arcpy.AddField_management(srtm_name, ilr, "DOUBLE") #διμιουργία νεού πεδίου στον προεωρίνο πίνακα A00**, με ονόμα ilr, τύπου double
121 arcpy.CalculateField_management(srtm_name, ilr, calc) #υπολογισμός IIR και αποδοσί τία τία στο αντίστοιχο κελί
122
123 arcpy.Delete_management(lr+".shp") #διμιουργία αρχείου lr.shp που διμιουργείται στία προωρίνα μνίμτ του αρχείου αν υπάρχει
124
125 #στο πεδίο RASTERVALU έχει αποδοθεί σε αυτό το σημείο τία τία τία IR από τία IDW
126 #τία τία τία den κρίαμποείται κάρου, συνεπώς διαγράφεται το πεδίο
127 arcpy.DeleteField_management(srtm_name, "RASTERVALU")
128
129 #αυξάνει μνίμτ κατά 1
130 srtm_counter = srtm_counter + 1
    
```

Εικόνα 4.2 – Απόσπασμα Αλγορίθμου (1)

7. Για να αποδοθεί η τιμή του φυτικού συντελεστή Kc από τα GeoTIFF, αρχικά ορίστηκε το σύστημα αναφοράς τους, ώστε να συμπίπτει με τα υπόλοιπα αρχεία της βάσης και μετά με το εργαλείο ExtractValuesToPoints, λήφθηκε για κάθε σημείο, για κάθε μήνα και για κάθε χρονιά η αντίστοιχη τιμή Kc (Εικόνα 4.3).

```

132 #sa syto to simio exai dimiourgithai o proswinos pinakas A+year+03
133 #o opoios perienai ta pedia X,Y,Z,LC,Temperature,Humcalc,Raincalc
134 #to epomeno pedio pou prepei na prostethai einai o syntalastis kc
135 elapsed_time = time.time() - start_time
136 arcpy.AddError(elapsed_time)
137
138 t = "kc"+year+month_str #iaktiko onomatos arxeiou kc tis morfis kc****
139 arcpy.Delete_management("p_"+t) #diagrafi arxeiou "p_"+t an ypaxwai
140
141 #ependi wriaimopolountai ta tiff pou exoun prokypsei apo ti metatropi twm MODIS dedomenwn (HDF)
142 #arxika prepei na existei to systema anaforas tous
143
144 arcpy.AddWarning(" > Eisagwgi timwn Kc")
145
146 arcpy.ProjectRaster_management(t, "p_"+t, corine_name, "NEAREST", "200", "CGRS_1987_To_WGS_1984")
147
148 sctm_base = sctm_name #iaktiko onomatos proswinou arxeiou (base) tis morfis A+year+03
149 sctm_name = "A"+year + "{:0>2d}".format(int(sctm_counter+1)) #iaktiko onomatos proswinou arxeiou tis morfis A+year+04 -> Kc
150 arcpy.AddMessage(" > ExtractValuesToPoints")
151 ExtractValuesToPoints(sctm_base, "p_"+t, sctm_name)
152
153 #metanomasia pediou pou onomazetai automata apo to ExtractValuesToPoints se kc
154 arcpy.AlterField_management(sctm_name, "RASTERVALU", "kc", "kc")
155
156 #Metanomasia proswinou pinaka A+year+04 se All_Vars_(yy) (mm)
157 arcpy.Rename_management (sctm_name, "All_Vars_" + year + month_str)

```

Εικόνα 4.3 – Απόσπασμα Αλγορίθμου (2)

8. Σε αυτό το επίπεδο, κάθε σημείο του μήνα είχε αντιστοιχηθεί με τη μέση μηνιαία θερμοκρασία, βροχόπτωση και σχετική υγρασία, με τη χρήση γης στην οποία εντασσόταν, με τους σταθερούς συντελεστές MF και ρ, και με τον συντελεστή Kc. Λήφθηκαν λοιπόν υπόψιν κάποιοι περιορισμοί σε ό,τι αφορά στις τιμές της βροχής και της σχετικής υγρασίας:

- Αν Βροχόπτωση<0 τότε Βροχόπτωση=0
- Αν Σχετική υγρασία <= 30 τότε Σχετική υγρασία = 30 και αν Σχετική υγρασία > 95% τότε Σχετική υγρασία = 95

Οι περιορισμοί αυτοί λήφθηκαν, γιατί παρατηρήθηκε πως προέκυπταν με τις παραπάνω αναγωγές και υπολογισμούς αρκετές αρνητικές τιμές, ως αποτέλεσμα της μεθόδου συσχέτισης που χρησιμοποιήθηκε για τα υψόμετρα, η οποία ήταν γραμμική, με συνέπεια να υπάρχουν τιμές πάνω και κάτω από την μέση γραμμή που σχεδιαζόταν, χωρίς όμως αυτές να έχουν φυσική σημασία (Εικόνα 4.4).

```

168 DEM_name = "All_Vars_" + year + month_str
169
170 expression_rain = "getClass(float(!Raincalc!))"
171 codeblock_rain = """def getClass(rain):
172     if rain <= 0:
173         return 0
174     else:
175         return rain"""
176
177 #megisto kai elaxioto apodekto pososto swetikis ygrasias vasei dedomenwn maswn minaiwn swetikwn timwn ygrasias
178
179 expression_hum = "getClass(float(!Humcalc!))"
180 codeblock_hum = """def getClass(h):
181     if h <= 30:
182         return 30
183     if h > 95:
184         return 95
185     else:
186         return h"""
187
188 arcpy.CalculateField_management(DEM_name, "Raincalc", expression_rain, "PYTHON_9.3", codeblock_rain)
189 arcpy.CalculateField_management(DEM_name, "Humcalc", expression_hum, "PYTHON_9.3", codeblock_hum)

```

Εικόνα 4.4 – Απόσπασμα Αλγορίθμου (3)

9. Ακολούθησε ο υπολογισμός της ET_p για κάθε σημείο της περιοχής μελέτης, με την αντίστοιχη εμπειρική μέθοδο ανάλογα με την κάλυψη γης. Σε αυτό το σημείο ελέγχθηκαν οι εξής συνθήκες (Εικόνα 4.5):

Kc>0 και Kc<1
LC! = -9999, τιμή η οποία αφορά σημεία που δεν είχαν λάβει τιμή από το CORINE Land Cover. Αυτό συνέβη σε βραχονησίδες περιμετρικά της Κρήτης που αφαιρέθηκαν σε προηγούμενο στάδιο γενίκευσης.
Αποκλεισμός τιμών του CORINE Land Cover που αφορούσαν σε οτιδήποτε άλλο εκτός 2.καλλιεργειών, 231.βοσκοτόπων και 3.δασών (1. τεχνητές επιφάνειες, 4. Υγροτόπους, 5. υδάτινες επιφάνειες) καθώς σε αυτές δεν είχε νόημα ο υπολογισμός του $Y_{A_{gr}}$

```

231 #ELEGXOI PRIN TON YPOLOGISMO TΟΥ WF
232 #1.συντελεστής Kc
233 #1a.πρέπει να λαμβάνει τιμές από 0-1
234 #1b.οι υπόλοιπες τιμές προκύπτουν από τι διαφέρει των tiff (ET/PET) του MODIS,
235 #αε περιόχας που δεν υπάρχουν δεδομένα ή που δεν μπορεί να γίνει η διαφορά (RasterCalculator=[QGIS])
236 #2.LC, αποκλεισμός τιμών -9999, οι οποίες προκύπτουν από ελαίσι δεδομένων LC στα σημεία αυτά
237 #αυτό προέκυψε από τι μι αλμπτωί των δεδομένων Corine με το DEM_XYZ (κρίσιμα σημεία περιφερειακά τις Κρήτης)
238 #3.αποκλεισμός των τιμών του Corine που αφορούν σε: 1.ΤεχνητέςΕπιφάνειες, 4.Υγροτόπους, 5. ΥδάτινεςΕπιφάνειες
239 #καθώς για αυτές τις κατηγορίες για δεν έχει νόημα ο υπολογισμός WFgr=ean
240
241 if Kc>0 and Kc<1 and LC != -9999 and int(LC/100)!= 1 and int(LC/100)!= 4 and int(LC/100)!= 5:
242
243     #U_pastures
244     if LC == 321:
245         #Blaney - Criddle
246         FET = p * (32+(1.8*Temp))/3.94 #όπου FET (mm/d) ο κλιματικός παραγοντας που προκύπτει
247                                     #από τι θερμοκρασία (Temp_oC) και το μέσο ήμερο
248                                     #ποσοστό συνολικής ετήσιας διασκέιας τον όρον ήμερα
249                                     #το οποίο εκτιμάται με το μίνα και το γεογραφίκο πλάτος
250
251         ET = Kc * FET #όπου ET, η δίνιτική εκσάτμιασάδιανποι (mm/d)
252                                     #Kc, ο συντελεστής καλλιεργείας ο οποίος
253                                     #προκύπτει από τι διαφέρει ET/PET (MODIS)
254         ET = ET *md #ανάγωγι ET/month (mm/month)
255
256     #U_forest
257     elif int(LC/100)== 3:
258         #Hargreaves
259         if RH <= 64:
260             CH = 1.0
261         else:
262             CH = (0.166*((100.0-RH)**(0.5)))
263         ET = MF*(18*Temp)+32)* CH
264
265     #U_crope
266     elif int(LC/100)== 2:
267         #Blaney - Criddle
268         FET = p * (32+(1.8*Temp))/3.94
269         ET = Kc * FET
270         ET = ET *md
271
272     wfrow.setValue ("ET", ET) #είσαγωγι τιμιά στο παδίο ET
273     c.updateRow (wfrow)

```

Εικόνα 4.5 – Απόσπασμα Αλγορίθμου (4)

10. Εν συνεχεία, καθώς η οδηγία ορίζει ως μονάδα διαχείρισης των υδατικών πόρων την λεκάνη απορροής, επιλέχθηκαν τα σημεία που βρίσκονται σε κάθε λεκάνη [SelectLayerByLocation_management].
11. Για τα επιλεγμένα σημεία, αθροίστηκαν οι τιμές της ET_p και της P και υπολογίστηκε ο συνολικός αριθμός τους, για κάθε χρήση. Με αυτές τις τιμές, υπολογίστηκε μετέπειτα, η μέση τιμή της ET_p και της P για κάθε χρήση, για κάθε ΛΑΠ.

12. Ακολούθησε ο υπολογισμός της Peff, της υδατικής χρήσης και τέλος του WF_{gr} για κάθε χρήση, σε κάθε ΛΑΠ, για κάθε έτος (Εικόνα 4.6).

```
366 if lap_row.getValue("ET_Lap")!=None and lap_row.getValue("Rain_Lap") !=None and lap_row.getValue("ET_Lap")>= 0:
367
368     arcpy.AddMessage(" > Peff_Lap") #υπολογισμος Peff (USDA)
369     rr = lap_row.getValue("Rain_Lap")
370     if rr >= 250:
371         lap_row.setValue("Peff_Lap", rr*(125-0.2*rr)/125)
372     else:
373         lap_row.setValue("Peff_Lap", 125+0.1*rr)
374
375     arcpy.AddMessage(" > U_Lap") #υπολογισμος U_Lap
376     lap_row.setValue("U_Lap", min(lap_row.getValue("ET_Lap"),lap_row.getValue("Peff_Lap")))
377
378     arcpy.AddMessage(" > WF_Lap") #υπολογισμος WF_Lap
379     lap_row.setValue("WF_Lap", lap_row.getValue("U_Lap") * 40000 * lap_row.getValue("Points_Sum"))
380
```

Εικόνα 4.6 – Απόσπασμα Αλγορίθμου (5)

13. Τέλος, υπολογίστηκαν χωριστά οι τιμές του WF_{gr} για κάθε ομάδα καλύψεων γης, ξεχωριστά (βοσκότοποι [321], δάση [300], καλλιέργειες [200]). Ειδικά στην περίπτωση των καλλιεργειών υπολογίστηκε και ο δείκτης WF_{gr}/Y .
14. Σε κάθε στάδιο του αλγορίθμου που παράγονταν βοηθητικοί πίνακες ή αρχεία, εισάγονταν εντολές διαγραφής τους μετά τη χρήση τους, ώστε να μην υπάρχουν περιττά αρχεία στη γεωβάση, που θα δυσχεραίναν την διαχείριση από τον χρήστη και θα αύξαναν τους χρόνους επεξεργασίας [Delete_management].
15. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε η συνάρτηση καταγραφής χρόνου, ώστε να ελέγχεται η απόδοση και ταχύτητα του αλγορίθμου σε κάθε στάδιο [start_time = time.time()].
16. Τέλος, σε δεύτερο αλγόριθμο, αθροίστηκαν οι μηνιαίες τιμές των WF_{green} ώστε να υπολογιστεί ο δείκτης ανά έτος (Εικόνα 4.7).

```
40 sumWF321 = 0
41 sumWF200 = 0
42 sumWFY200 = 0
43 sumWF300 = 0
44 sumWF = 0
45
46 poly_id = lapsums_row.getValue("OBJECTID")
47
48 for month in months:
49
50     month_str = "{:0>2d}".format(int(month))
51
52     lap = "LAP"+year+month_str +lektiko onomatos arxeiou LAP_****
53
54     c = arcpy.UpdateCursor (lap,"OBJECTID=" + str(poly_id))
55
56     for lap_row in c: #gia kathe grammi tou arxeiou oriwn
57
58         sumWF321 = sumWF321 + (0 if lap_row.getValue("WF321")==None else lap_row.getValue("WF321"))
59         sumWF200 = sumWF200 + (0 if lap_row.getValue("WF200")==None else lap_row.getValue("WF200"))
60         sumWFY200 = sumWF200 + (0 if lap_row.getValue("WFY200")==None else lap_row.getValue("WFY200"))
61         sumWF300 = sumWF300 + (0 if lap_row.getValue("WF300")==None else lap_row.getValue("WF300"))
62         sumWF = sumWF + (0 if lap_row.getValue("WF_Lap")==None else lap_row.getValue("WF_Lap"))
63
64     lapsums_row.setValue("sumWF321", sumWF321)
65     lapsums_row.setValue("sumWF200", sumWF200)
66     lapsums_row.setValue("sumWFY200", sumWFY200)
67     lapsums_row.setValue("sumWF300", sumWF300)
68     lapsums_row.setValue("sumWF", sumWF)
69
70 lr.updateRow (lapsums_row)
```

Εικόνα 4.7 – Απόσπασμα Αλγορίθμου (6)

5 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

5.1 Αποτελέσματα κατ' έτος

Οι χάρτες απεικόνισης του $YA_{\text{πρ}}$ δημιουργήθηκαν χρησιμοποιώντας τον χρωματικό κώδικα που προτείνεται από την Οδηγία για την ταξινόμηση της οικολογικής κατάστασης ενός υδατικού συστήματος (Πίνακας 5.1).

Ταξινόμηση Ποιοτικής Κατάστασης ΥΣ	Χρωματικός Κώδικας	$YA_{\text{πρ}}$ / έτος ($m^3 10^6$)
Υψηλή	Γαλάζιο	150 - 140000
Καλή	Πράσινο	140000-280000
Μέτρια	Κίτρινο	280000-420000
Ελλιπής	Πορτοκαλί	420000-560000
Κακή	Κόκκινο	560000-710000

Πίνακας 5.1 – Χρωματικός Κώδικας, Ιδία επεξεργασία
Πηγή: Οδηγία 2000/60/ΕΚ

Παρατηρήθηκε ότι για το έτος 2000 τα υδατικά συστήματα της Κρήτης χαρακτηρίζονται από καλή έως υψηλή ποιοτική κατάσταση (Πίνακας 5.1), που σημαίνει ότι παρουσιάζουν χαμηλές τιμές $YA_{\text{πρ}}$ και άρα χαμηλές υδατικές καταναλώσεις (Εικόνα 5.1). Ειδικότερα, παρατηρήθηκε ότι η ΛΑΠ72 η οποία ανήκει διοικητικά στην ΠΕ Ηρακλείου, παρουσιάζει το μεγαλύτερο ετήσιο $YA_{\text{πρ}}$ για το έτος 2000, ενώ ακολουθούν οι ΛΑΠ16 (ΠΕ Ρεθύμνου) και ΛΑΠ89 (ΠΕ Ηρακλείου). Αναλύοντας τις χρήσεις γης που χαρακτηρίζουν τις παραπάνω ΛΑΠ (Πίνακας 5.2), προέκυψε ότι η ΛΑΠ72 καλύπτεται με σειρά φθίνουσας έκτασης από, ελαιώνες (223), Φυσικούς Βοσκότοπους (321), Σκληροφυλλική Βλάστηση (323) και Σύνθετες Καλλιέργειες (242).

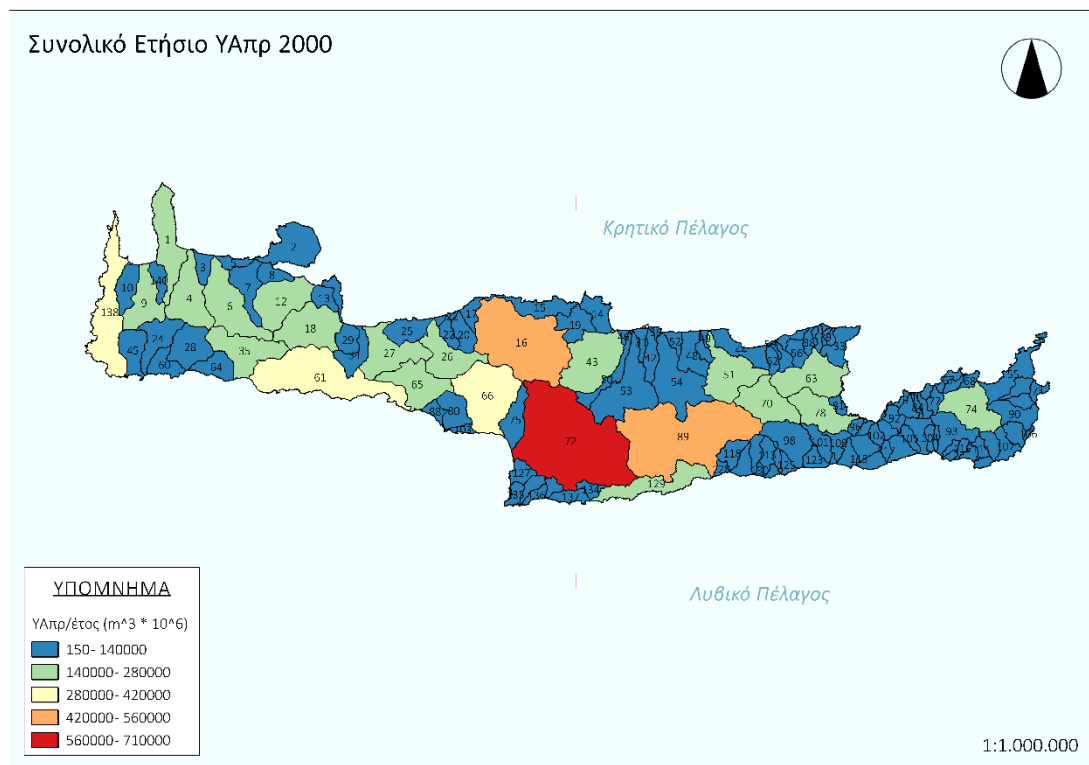
Μεγαλύτερο $YA_{\text{πρ}}$ είναι αυτό των καλλιεργειών, από τα οποία μεγαλύτερο αυτό των ελαιώνων (223). Σε σχέση με την απόδοση, μεγαλύτερο $YA_{\text{πρ}}$ παρουσιάζουν οι αμπελώνες (221).

Αντίστοιχα η ΛΑΠ16 καλύπτεται με σειρά φθίνουσας έκτασης από Σκληροφυλλική Βλάστηση (323) και ελαιώνες (223).

Μεγαλύτερο $YA_{\text{πρ}}$ είναι αυτό των δασικών εκτάσεων. Σε σχέση με την απόδοση, μεγαλύτερο $YA_{\text{πρ}}$ παρουσιάζουν οι αμπελώνες (221).

Τέλος, η ΛΑΠ89 καλύπτεται με σειρά φθίνουσας έκτασης από ελαιώνες (223), Φυσικούς Βοσκότοπους (321), Σκληροφυλλική Βλάστηση (323), Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης (243). Μεγαλύτερο $YA_{\text{πρ}}$ είναι αυτό των καλλιεργειών και συγκεκριμένα των ελαιώνων. Σε σχέση με την απόδοση, μεγαλύτερο $YA_{\text{πρ}}$ παρουσιάζουν οι αμπελώνες (221).

Η ΛΑΠ με το μικρότερο ετήσιο $YA_{\text{πρ}}$ για το έτος 2000 είναι η ΛΑΠ36 (ΠΕ Ηρακλείου), η οποία καλύπτεται κυρίως από Φυσικούς Βοσκότοπους (321), πολύ λίγες καλλιέργειες (200) και δεν έχει καθόλου δασικές εκτάσεις (300).

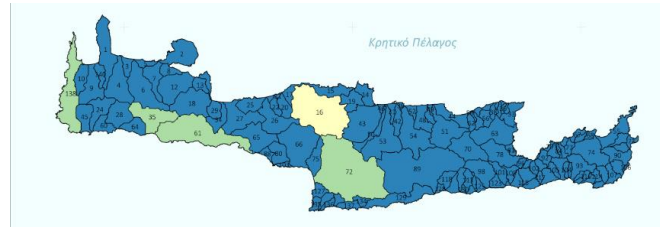


Εικόνα 5.1 – Συνολικό ετήσιο $YA_{\text{πρ}}$ ανά ΛΑΠ (2000)

Επιπλέον, ελέγχοντας το μοτίβο των κατανομών των συνολικών ετήσιων πράσινων YA , για κάθε κάλυψη γης ξεχωριστά (Εικόνες 5.2 – 5.4), προέκυψε ότι οι μεγαλύτερες πιέσεις προέρχονται από τις καλλιέργειες, στη συνέχεια τα δάση και τέλος του βοσκότοπους. Βέβαια, σημαντικό παράγοντα σε αυτή την περίπτωση αποτελεί η έκταση της ΛΑΠ αλλά και η έκταση που καταλαμβάνει η κάθε κάλυψη, καθώς στις ΛΑΠ εντός της ΠΕ Ηρακλείου υπερσχύουν οι γεωργικές περιοχές, ενώ σε αυτή που ανήκει στην ΠΕ Ρεθύμνου υπερσχύει η σκληροφυλλική βλάστηση (Εικόνες 5.5 – 5.9). Συγκεκριμένα σε ό,τι αφορά στην έκταση της ΛΑΠ, συγκρίνοντας τις δύο μεγαλύτερες ΛΑΠ, 89 & 72 (φθίνουσα σειρά), παρατηρήθηκε ότι αν και η ΛΑΠ89 είναι μεγαλύτερη σε συνολική έκταση εμφανίζει μικρότερη υδατική κατανάλωση. Αναλύοντας τις χρήσεις γης που επηρεάζουν το πράσινο YA , αποδείχθηκε ότι στη ΛΑΠ αυτή υπερσχύουν οι ελαιώνες και ακολουθούν με αρκετή διαφορά οι αμπελώνες, ενώ δεν υπάρχουν καθόλου οπωρώνες. Αντίθετα, στη ΛΑΠ72, η οποία είναι η αμέσως μικρότερη, υπερσχύουν οι ελαιώνες, σε έκταση μεγαλύτερη της ΛΑΠ89 και υπάρχουν αρκετά στρέμματα οπωρώνων και πολλά αμπελώνων.



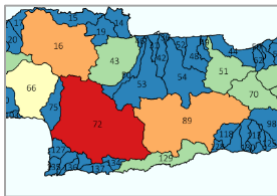
Εικόνα 5.2 - Συνολικό ετήσιο ΥΑ_{πρ} γεωργικών εκτάσεων ανά ΛΑΠ (2000)



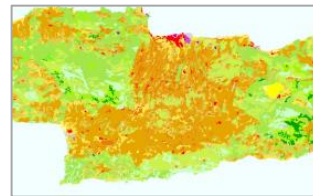
Εικόνα 5.3 - Συνολικό ετήσιο ΥΑ_{πρ} δασικών εκτάσεων ανά ΛΑΠ (2000)



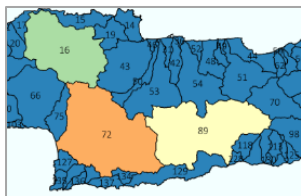
Εικόνα 5.4 - Συνολικό ετήσιο ΥΑ_{πρ} βοσκοτόπων ανά ΛΑΠ (2000)



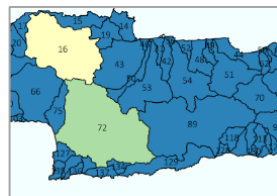
Εικόνα 5.5 – Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου ΥΑ_{πρ} ανά ΛΑΠ (2000)



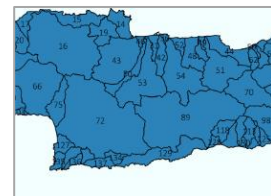
Εικόνα 5.6 – Απόσπασμα CORINE Land Cover (2000)



Εικόνα 5.7 – Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου ΥΑ_{πρ} γεωργικών εκτάσεων (2000)

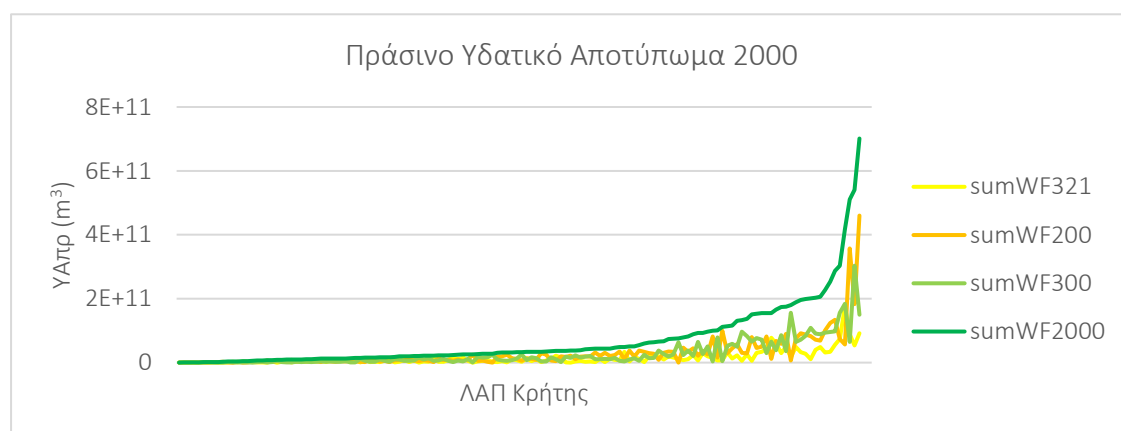


Εικόνα 5.8 - Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου ΥΑ_{πρ} δασικών εκτάσεων (2000)



Εικόνα 5.9 - Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου ΥΑ_{πρ} βοσκοτόπων (2000)

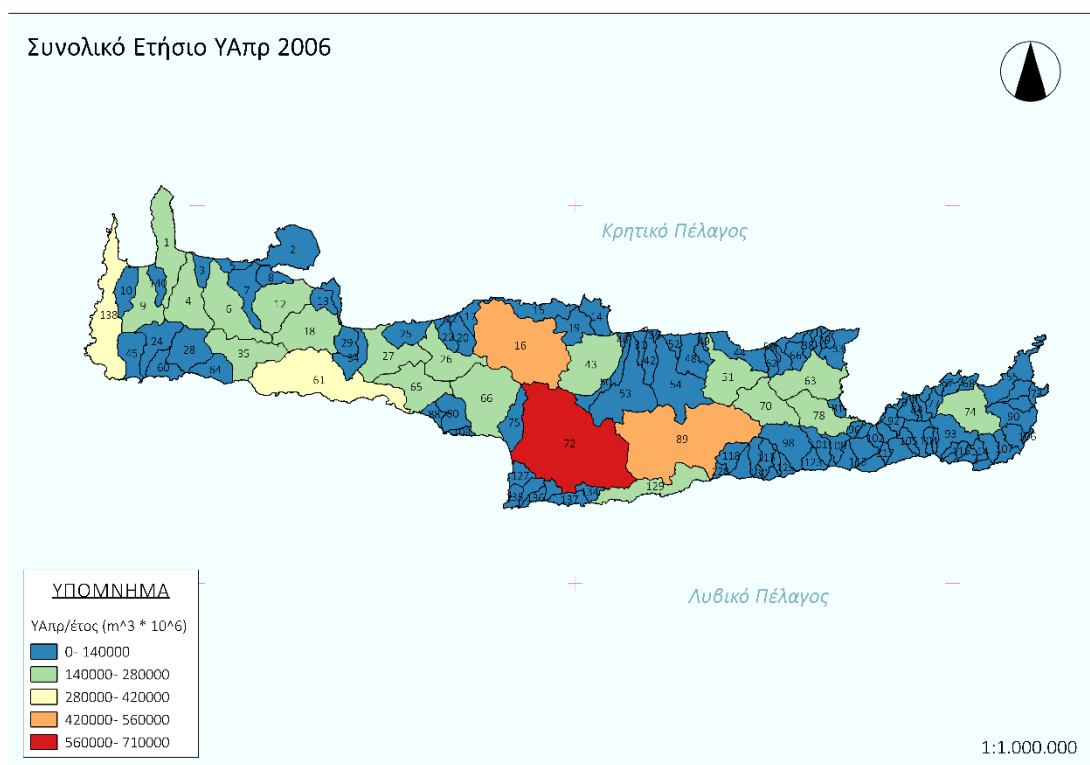
Γενικότερα σε επίπεδο ΛΑΠ σε όλη την έκταση της νήσου, το $YA_{\pi\rho}$ λαμβάνει συνήθως τις χαμηλότερες τιμές στις περιοχές βοσκοτόπων και τις υψηλότερες όπου υπάρχουν δάση και καλλιέργειες (Διάγραμμα 5.1).



Διάγραμμα 5.1 – Τάσεις του ετήσιου $YA_{\pi\rho}$ για κάθε ΛΑΠ ανά χρήση γης (2000)

Παρατηρήθηκε ότι το 2006 τα υδατικά συστήματα της Κρήτης παρουσιάζουν το ίδιο μοτίβο σε ό,τι αφορά στο συνολικό ετήσιο πράσινο ΥΑ με καλή έως υψηλή ποιοτική κατάσταση, εκτός από τη ΛΑΠ66 η οποία ανήκει στην ΠΕ Ρεθύμνου, στην οποία η ποιοτική κατάσταση βελτιώθηκε από μέτρια σε καλή (Εικόνα 5.10). Ειδικά, στην ΛΑΠ66 σημειώθηκε μεταβολή στην κάλυψη γης καθώς από το 2000 στο 2006 μειώθηκαν οι σύνθετες καλλιέργειες (242) και η Γη που χρησιμοποιούνταν κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης (243), και τη θέση τους πήραν οι ελαιώνες (223). Επιπλέον, η ET_p και η P_{eff} αυξήθηκαν. Άρα δεδομένου ότι οι ελαιώνες αποτελούν απαιτητική καλλιέργεια σε νερό, η μείωση του $YA_{\pi\rho}$ λογικά οφειλόταν στην αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών, κατά 20%. Στην ΛΑΠ72 η κάλυψη γης παρέμεινε ίδια, όπως και το μεγαλύτερο $YA_{\pi\rho}$ το οποίο εξακολούθησε να είναι αυτό των καλλιεργειών, από τα οποία μεγαλύτερο αυτό των ελαιώνων (223). Σε σχέση με την απόδοση, μεγαλύτερο $YA_{\pi\rho}$ παρουσίασαν και πάλι οι αμπελώνες (221). Ακολούθησε ως προς τις υψηλότερες τιμές $YA_{\pi\rho}$ η ΛΑΠ89, η οποία διατήρησε την ίδια κατανομή κάλυψης γης. Μεγαλύτερο $YA_{\pi\rho}$ παρουσίασαν οι καλλιέργειες, και ειδικότερα οι ελαιώνες, ενώ σε σχέση με την απόδοση, μεγαλύτερη τιμή έλαβαν οι αμπελώνες (221). Αντίστοιχα, η ΛΑΠ16 εξακολούθησε να καλύπτεται με σειρά φθίνουσας έκτασης από Σκληροφυλλική Βλάστηση (323) και ελαιώνες (223). Όπου, μεγαλύτερο $YA_{\pi\rho}$ παρουσίασαν οι δασικές εκτάσεις.

Η ΛΑΠ με το μικρότερο ετήσιο $YA_{\pi\rho}$ για το έτος 2006 ήταν η ΛΑΠ36, η οποία καλυπτόταν κυρίως από Φυσικούς Βοσκοτόπους (321), πολύ λίγες καλλιέργειες (200) και δεν είχε καθόλου δασικές εκτάσεις (300).

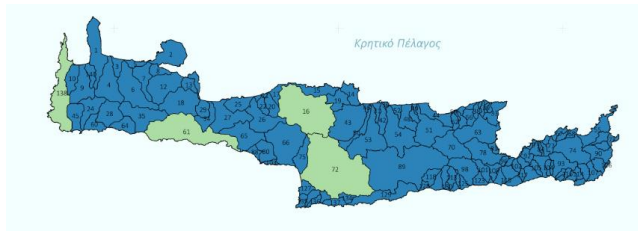


Εικόνα 5.10 - Συνολικό ετήσιο ΥΑ_{πρ} ανά ΛΑΠ (2006)

Επιπλέον, το μοτίβο των κατανομών των συνολικών ετήσιων πράσινων ΥΑ, για κάθε κάλυψη γης ξεχωριστά (Εικόνες 5.11 – 5.13) μπορεί να θεωρηθεί σταθερό διαχρονικά, συγκριτικά με αυτό του 2000, καθώς η μόνη αλλαγή ήταν ακριβώς αυτή που τονίστηκε στην γενική εικόνα του συνολικού ετήσιου ΥΑ_{πρ} για το 2006, η βελτίωση δηλαδή της ποιοτικής κατάστασης της ΛΑΠ66. Αντίστοιχα με το 2000, οι μεγαλύτερες πιέσεις – οι οποίες όμως εξαρτώνται από την συνολική συμμετοχή της κάλυψης γης στην συνολική έκταση κάθε ΛΑΠ- προέρχονταν από τις καλλιέργειες, στη συνέχεια τα δάση και τέλος του βοσκότοπους (Εικόνες 5.14 – 5.18).



Εικόνα 5.11 - Συνολικό ετήσιο ΥΑ_{πρ} γεωργικών εκτάσεων ανά ΛΑΠ (2006)

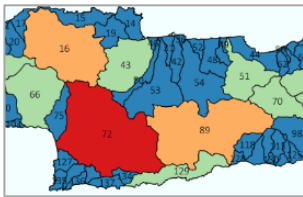


Εικόνα 5.12 - Συνολικό ετήσιο ΥΑ_{πρ} δασικών εκτάσεων ανά ΛΑΠ (2006)

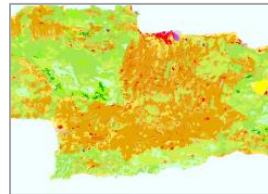


Εικόνα 5.13 - Συνολικό ετήσιο ΥΑ_{πρ} βοσκοτόπων ανά ΛΑΠ (2006)

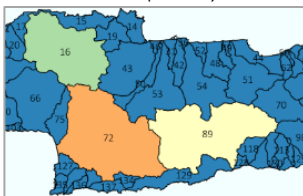
Η συμμετοχή των διαφορετικών καλύψεων γης στο συνολικό ετήσιο ΥΑ, παρέμεινε σταθερή από το 2000 στο 2006 (Διάγραμμα 5.2).



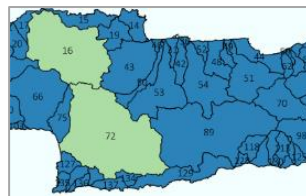
Εικόνα 5.14 - Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου ΥΑ_{πρ} ανά ΛΑΠ (2006)



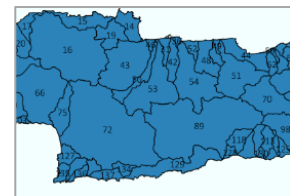
Εικόνα 5.15 - Απόσπασμα CORINE Land Cover (2006)



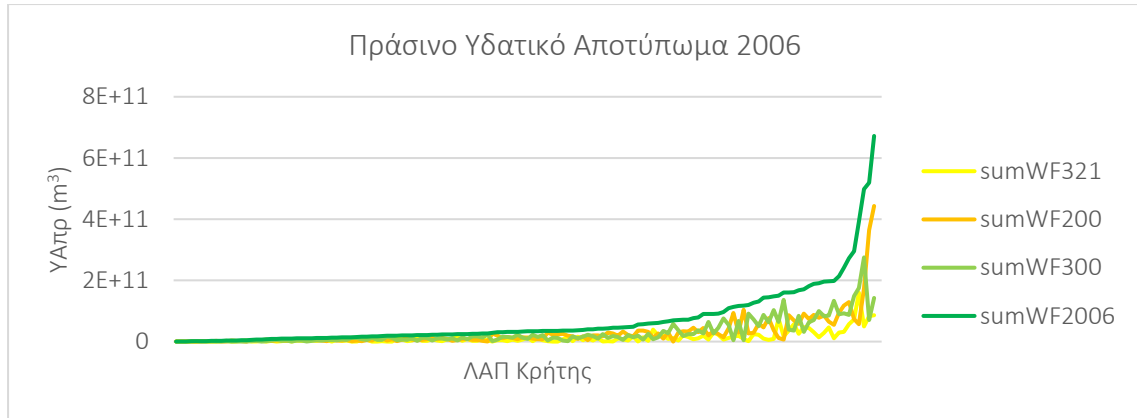
Εικόνα 5.16 - Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου ΥΑ_{πρ} γεωργικών εκτάσεων (2006)



Εικόνα 5.17 - Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου ΥΑ_{πρ} δασικών εκτάσεων (2006)

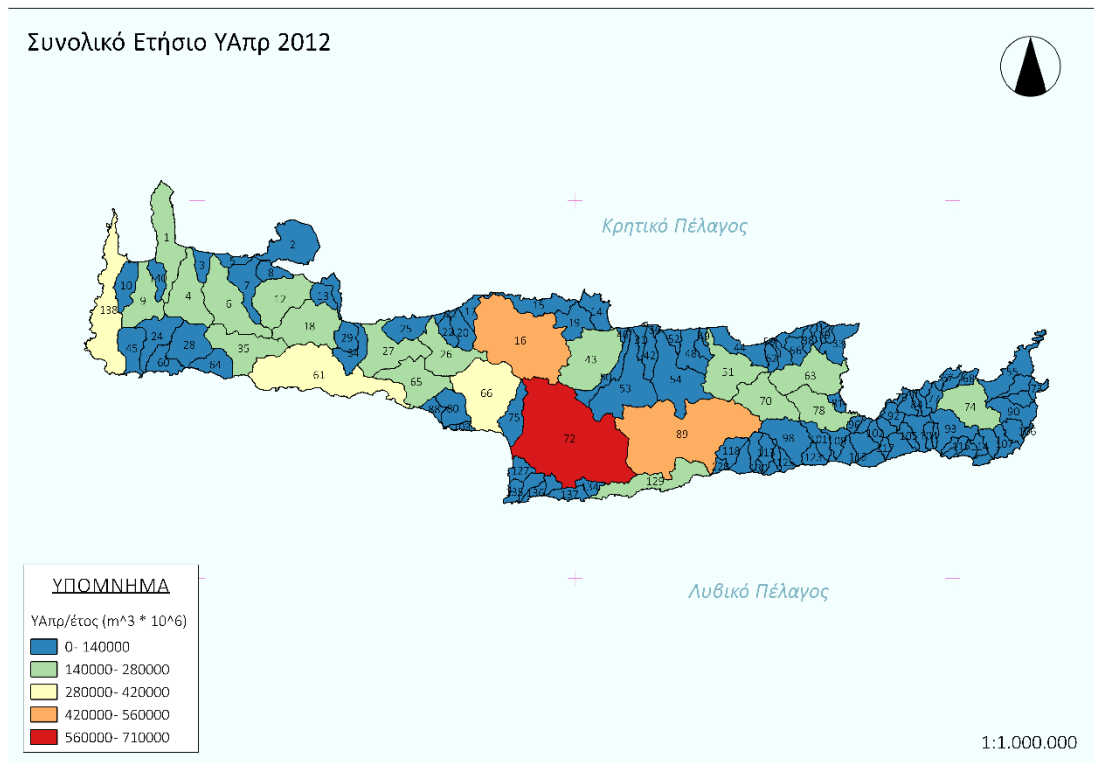


Εικόνα 5.18 - Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου ΥΑ_{πρ} βοσκοτόπων (2006)



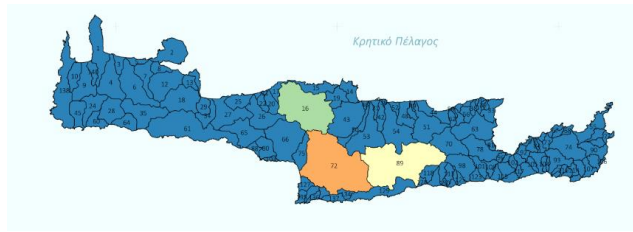
Διάγραμμα 5.2 - Τάσεις του ετήσιου $YA_{\pi\rho}$ για κάθε ΛΑΠ ανά χρήση γης (2006)

Τέλος, το μοτίβο του συνολικού ετήσιου πράσινου ΥΑ του έτους 2012, απέδειξε ότι κατά τα 12 έτη μελέτης της περιοχής, οι υδατικές πιέσεις που σχετίζονταν με την συγκεκριμένη συνιστώσα κατανεμήθηκαν με σταθερό τρόπο στην Κρήτη. Η ποιοτική κατάσταση υδάτων της ΛΑΠ72 εξακολούθησε να χαρακτηρίζεται ως κακή, ενώ ακολουθούσαν οι ΛΑΠ16 & ΛΑΠ89 με ελλιπή ποιοτική κατάσταση. Η υδατική χρήση στην υπόλοιπη νήσο καταγράφηκε ως καλής έως υψηλής ποιότητας με την ΛΑΠ36 να παρουσιάζει την ελάχιστη τιμή (Εικόνα 5.19).



Εικόνα 5.19 – Συνολικό ετήσιο $YA_{\pi\rho}$ ανά ΛΑΠ (2012)

Επιπλέον, το μοτίβο των κατανομών των συνολικών ετήσιων πράσινων ΥΑ, για κάθε κάλυψη γης ξεχωριστά (Εικόνες 5.20 – 5.22) θεωρήθηκε πλέον σταθερό διαχρονικά και για τις δύο εξαετίες που μελετήθηκαν, αφού παρέμεινε ίδιο και το 2012.



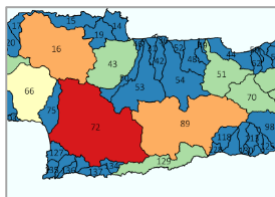
Εικόνα 5.20 - Συνολικό ετήσιο YA_{πρ} γεωργικών εκτάσεων ανά ΛΑΠ (2012)



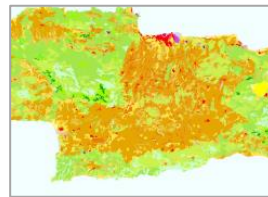
Εικόνα 5.21 - Συνολικό ετήσιο YA_{πρ} δασικών εκτάσεων ανά ΛΑΠ (2012)



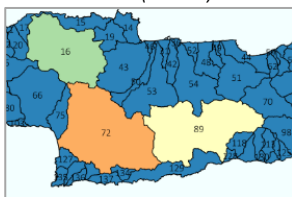
Εικόνα 5.22 - Συνολικό ετήσιο YA_{πρ} βοσκοτόπων ανά ΛΑΠ (2012)



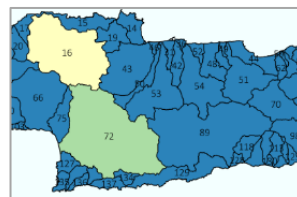
Εικόνα 5.23 - Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου YA_{πρ} ανά ΛΑΠ (2012)



Εικόνα 5.24 - Απόσπασμα CORINE Land Cover (2012)



Εικόνα 5.25 - Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου YA_{πρ} γεωργικών εκτάσεων (2012)

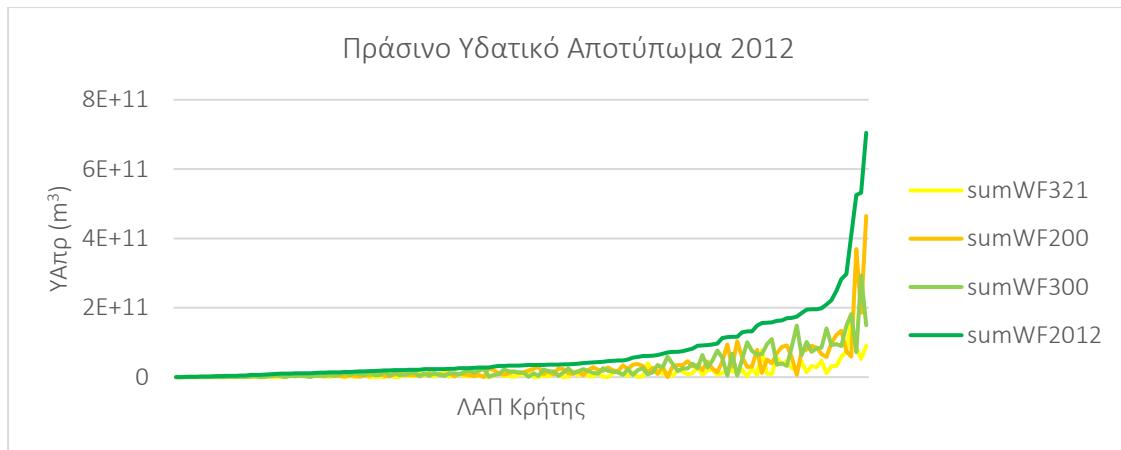


Εικόνα 5.26 - Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου YA_{πρ} δασικών εκτάσεων (2012)

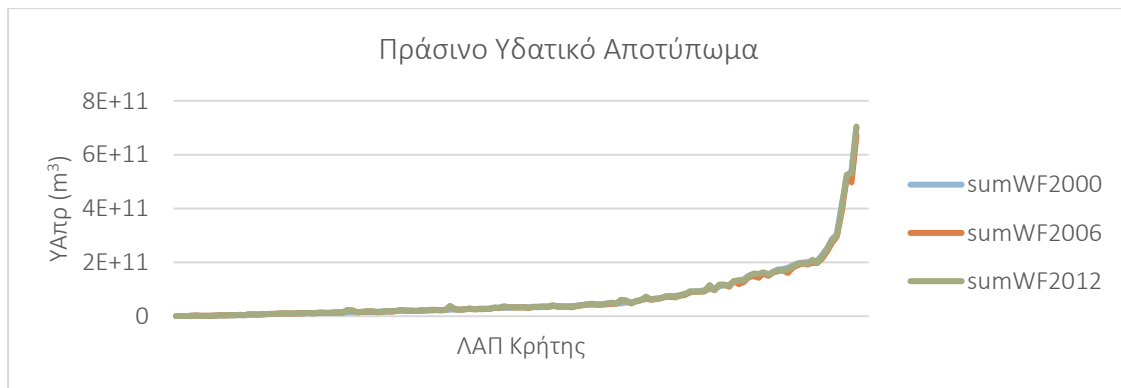


Εικόνα 5.27 - Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου YA_{πρ} βοσκοτόπων (2012)

Η συμμετοχή των διαφορετικών καλύψεων γης στο συνολικό ετήσιο YA, παρέμεινε σταθερή διαχρονικά (Διάγραμμα 5.3), όπως και η τάση που είχε το συνολικό ετήσιο YA_{πρ} για την κάθε ΛΑΠ (Διάγραμμα 5.4). Η σταθερότητα αυτή στην εικόνα κάθε ΛΑΠ ως προς την πράσινη συνιστώσα του YA_{πρ} (Διάγραμμα 5.4), σχετίζεται με τις μεταβολές σε χρήσεις γης σε ό,τι αφορά στη συνολική έκταση της περιοχής μελέτης. Παράλληλα, σημαντικό ρόλο παίζουν τα κλιματικά δεδομένα και η μεταβολή των αποδόσεων των καλλιεργειών.

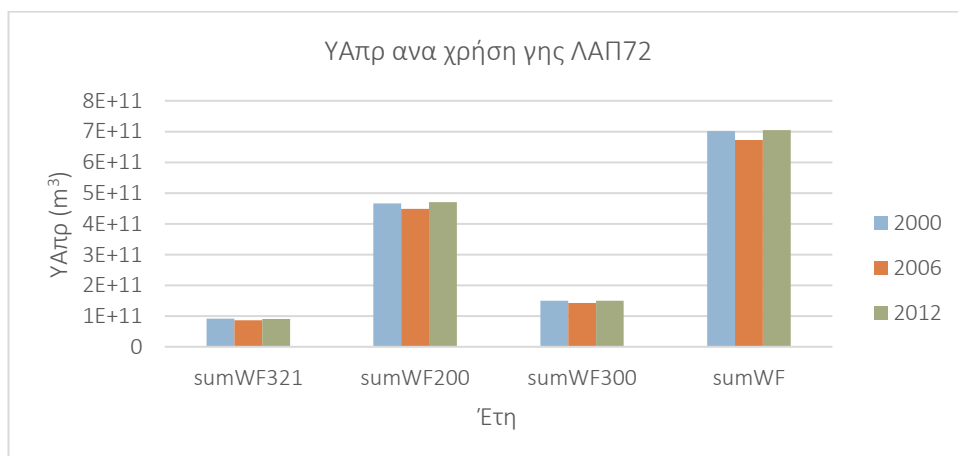


Διάγραμμα 5.3 - Τάσεις του ετήσιου $YA_{\pi\rho}$ για κάθε ΛΑΠ ανά χρήση γης (2012)

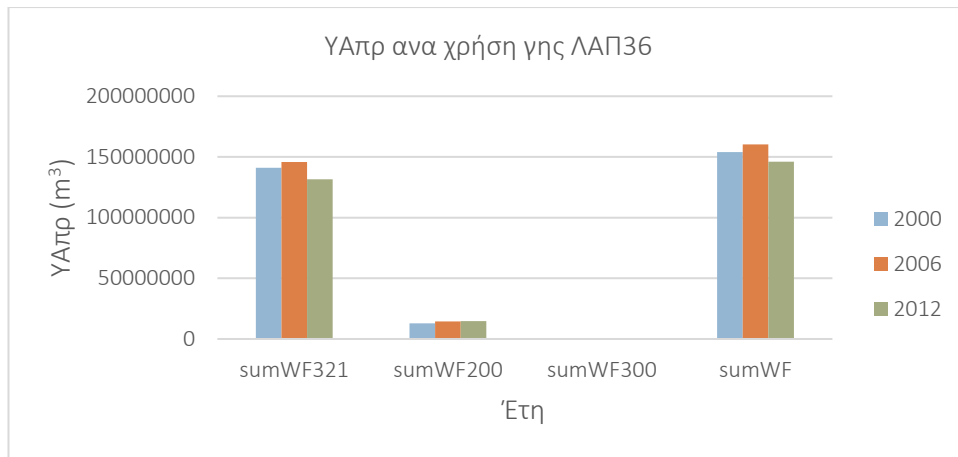


Διάγραμμα 5.4 – Η τάση του $YA_{\pi\rho}$ διαχρονικά μεταξύ των ΛΑΠ

Συμπερασματικά, η Κρήτη σε ό,τι αφορά στην κατάσταση των υδατικών της πόρων κατά τη διάρκεια 12 ετών (2000-2012), μπορεί να χαρακτηριστεί στο μεγαλύτερο μέρος της από καλή έως υψηλή ποιοτικά. Μόνη εξαίρεση αποτέλεσαν οι μεγάλες ΛΑΠ κεντρικά της νήσου, στην ΠΕ Ηρακλείου, οι οποίες καλύπτονταν από καλλιέργειες (ελαιώνες επί το πλείστο) και δάση, τα οποία αποδείχθηκαν ως οι πιο επιβαρυντικές καλύψεις γης ως προς την υδατική κατανάλωση, ειδικά οι ελαιώνες (Διαγράμματα 5.5 & 5.6).



Διάγραμμα 5.5 – Κατανομή $YA_{\pi\rho}$ στην ΛΑΠ72 όπου λαμβάνει τη μέγιστη τιμή διαχρονικά



Διάγραμμα 5.6 - Κατανομή ΥΑ_{πρ} στην ΛΑΠ36 όπου λαμβάνει τη ελάχιστη τιμή διαχρονικά

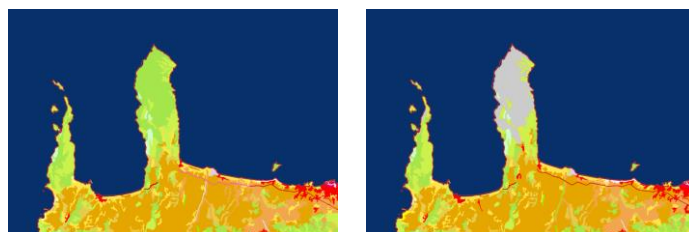
5.2 Συγκριτική ανάλυση αποτελεσμάτων

Σε περαιτέρω εμβάθυνση στην ανάλυση των αποτελεσμάτων της προηγούμενης ενότητας, συγκρίθηκαν οι μεταβολές των παραμέτρων που συμμετείχαν στον υπολογισμό της πράσινης συνιστώσας του ΥΑ, διαχρονικά.

Αρχικά, καταγράφηκε η μεταβολή των χρήσεων γης, όπως αυτές ορίζονται από το CORINE Land Cover. Την πρώτη εξαετία 2000-2006, υπήρξαν πολλές μεταβολές στην ΠΕ Λασιθίου και στο βόρειο τμήμα της ΠΕ Χανίων, στην χερσόνησο Ροδοπού (Εικόνα 5.28). Ειδικότερα, εξαλείφθηκαν εντελώς οι γεωργικές περιοχές σπυροφόρων δέντρων (222) και αυξήθηκαν κατά 146,74% τα καλλιεργητικά λιβάδια (231). Επιπλέον, μειώθηκαν σε μεγάλο βαθμό οι μη αρδευόμενες εκτάσεις (211), και αυξήθηκαν σχεδόν σε ποσοστό ίδιας τάξης οι μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις (212). Ακόμη, αυξήθηκαν κατά 29,50% οι ελαιώνες, ενώ μειώθηκαν κατά 20,54% οι αμπελώνες. Παράλληλα, υπήρξαν αυξομειώσεις στην κάλυψη των δασικών εκτάσεων, καθώς εξαλείφθηκαν οι θάμνοι και οι χερσότοποι (322), μειώθηκαν σε ποσοστό 26,57% τα δάση κωνοφόρων, ενώ αυξήθηκαν οι εκτάσεις σκληροφυλλικής βλάστησης (323), οι μεταβατικές δασώδεις περιοχές (324) και οι εκτάσεις με αραιή ή καθόλου βλάστηση (333). Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου μειώθηκαν και οι φυσικοί βοσκότοποι (321) κατά 37,6% (Πίνακας 5.3). Αντίστοιχα, η περιοχή στη χερσόνησο του Ροδοπού, μετατράπηκε από σκληροφυλλική βλάστηση (323) σε απογυμνωμένους βράχους (332). Σε ό,τι αφορά στη μεταβολή από το 2006 στο 2012 (Εικόνα 5.30), αυτή δεν θεωρήθηκε σημαντική. Τέλος, ήταν προφανές ότι η συνολική μεταβολή της 12ετίας (Εικόνα 5.31) ταυτίστηκε με την συνολική μεταβολή των 2 περιόδων μελέτης.

Στη συνέχεια, συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής και της ωφέλιμης βροχόπτωσης σε ετήσια βάση. Σε πρώτη ανάγνωση, η δυνητική εξατμισοδιαπνοή ακολούθησε το ίδιο μοτίβο στο νησί, διαχρονικά με μικρές διαφοροποιήσεις (Εικόνες 5.32, 5.33 & 5.34). Ειδικότερα, η παράμετρος αυτή έλαβε υψηλότερες τιμές νοτιοδυτικά της ΠΕ Χανίων, βορειοανατολικά της ΠΕ Ρεθύμνου και δυτικά της ΠΕ Λασιθίου, όπου δηλαδή απαντώνται δασικές εκτάσεις. Χαμηλότερες τιμές η ET_p έλαβε όπου υπάρχουν γεωργικές εκτάσεις, δηλαδή βόρεια της ΠΕ Χανίων, νοτιοδυτικά της ΠΕ Ρεθύμνου, σχεδόν σε ολόκληρη την έκταση της ΠΕ Ηρακλείου, αλλά και ανατολικά της ΠΕ Λασιθίου.

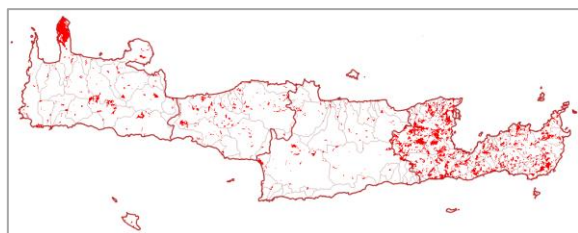
Εξετάζοντας την διαχρονική εξέλιξη της ET_p (Εικόνες 5.35, 5.36 & 5.37) σημειώνεται ότι η δυνητική εξατμισοδιαπνοή σε βάθος χρόνου 12 ετών, μειώθηκε στα δυτικά της Κρήτης και αυξήθηκε στα ανατολικά. Αυτό, προέκυψε κυρίως από τη μεταβολή της την πρώτη εξαιτία μελέτης, καθώς τη δεύτερη αυξήθηκε σε μικρό βαθμό σε όλη την έκταση της Κρήτης.



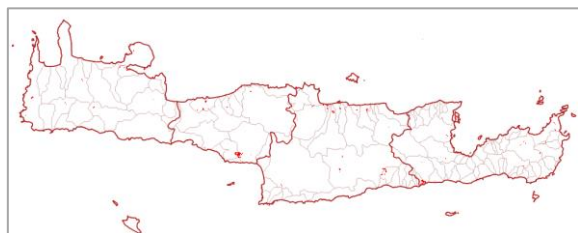
Εικόνα 5.28 – Μεταβολή χερσονήσου Ροδοπού 2000-2006



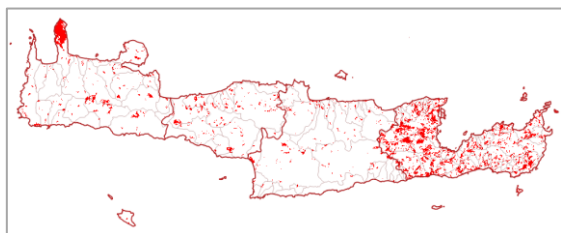
Εικόνα 5.29 – Απόσπασμα δορυφορικής εικόνας Google Earth



Εικόνα 5.30 – Μεταβολή χρήσεων γης CORINE Land Cover 2006-2000



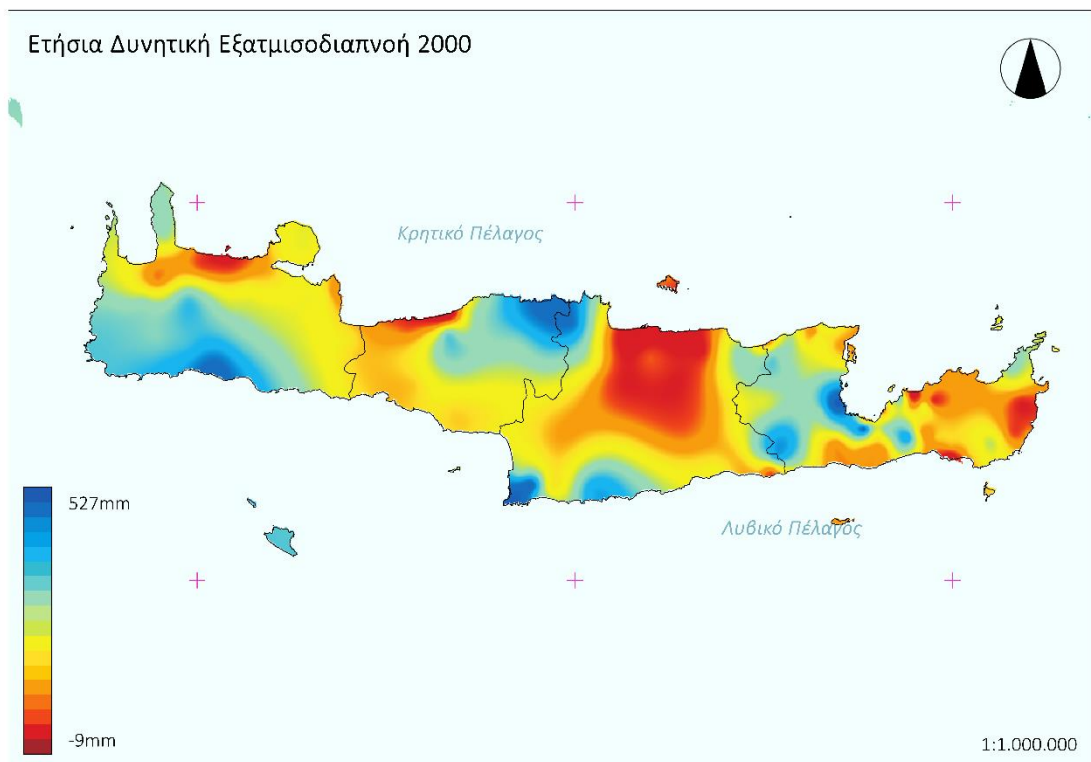
Εικόνα 5.31 - Μεταβολή χρήσεων γης CORINE Land Cover 2012-2006



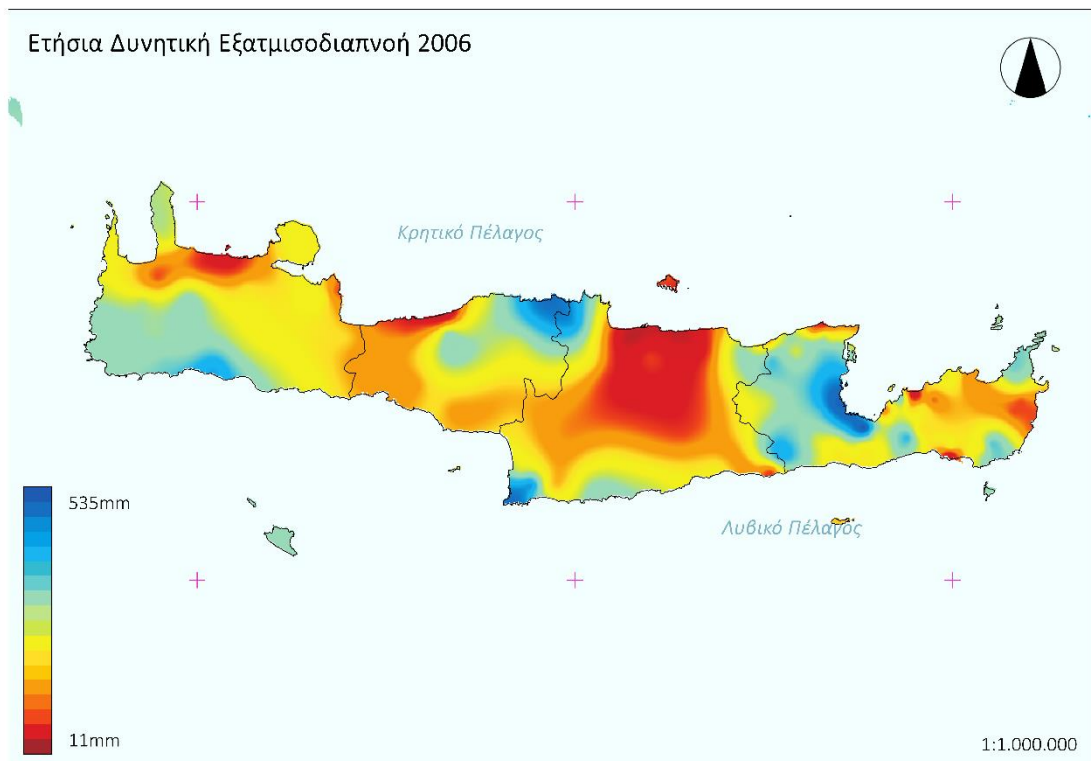
Εικόνα 5.32 - Μεταβολή χρήσεων γης CORINE Land Cover 2012-2000

CORINE Land Cover		2006-2000	2012-2006	2012-2000		
2. Γεωργικές Εκτάσεις	Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη	211	-86,12%	-2,27%	-86,44%	
	Μόνιμα αρδευόμενη γη	212	72,51%	0,42%	73,24%	
	Ορυζώνες	213	0	0	0	
	Αμπελώνες	221	-20,54%	1,95%	-18,99%	
	Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς	222	-100,00%	0	0	
	Ελαιώνες	223	29,50%	-1,67%	27,34%	
	Λιβάδια	231	146,74%	-2,64%	140,22%	
	Ετήσιες καλλιέργειες που σχετίζονται με μόνιμες καλλιέργειες	241	0	0	0	
	Σύνθετες καλλιέργειες	242	-11,86%	-0,48%	-12,28%	
	Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά φυσικής βλάστησης τμήματα	243	-60,42%	-1,48%	-61,01%	
	Γεωργο-δασικές περιοχές	244	0	0	0	
	3. Δάση	Δάσος πλατύφυλλων	311	0	0,00%	0,00%
		Δάσος κωνοφόρων	312	-26,57%	-6,28%	-31,18%
		Μικτό δάσος	313	0	0	0
Φυσικοί βοσκότοποι		321	-37,60%	-0,01%	-37,61%	
θάμνοι και Χερσότοποι		322	-100,00%	0	0	
Σκληροφυλλική βλάστηση		323	41,41%	-1,86%	38,78%	
Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις		324	44,05%	-3,28%	39,32%	
Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές		331	-56,52%	0,00%	-56,52%	
Απογυμνωμένοι βράχοι		332	-23,66%	0,00%	-23,66%	
Εκτάσεις με αραϊή βλάστηση		333	48,72%	-2,47%	45,04%	
Αποτεφρωμένες εκτάσεις		334	0	366,67%	0,00%	
Παγετώνες και αέναο χιόνι	335	0	0	0		
Φυσικοί βοσκότοποι	321	-37,60%	-0,01%	-37,61%		

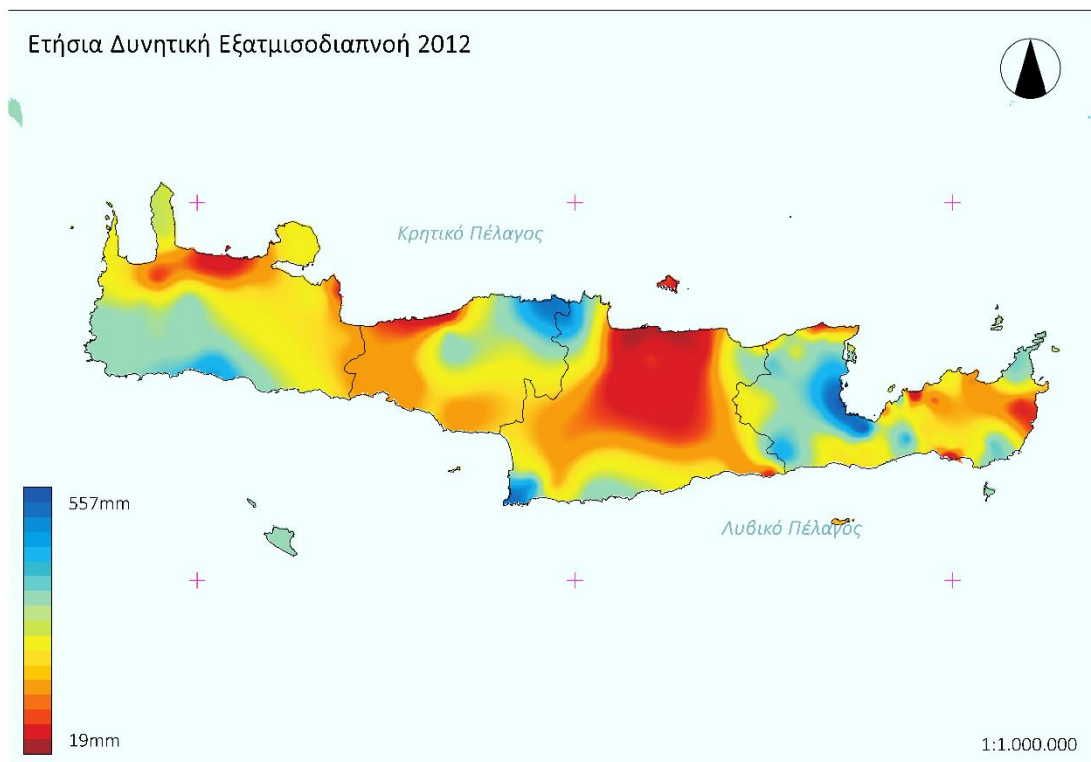
Πίνακας 5.2 – Ετήσιες μεταβολές χρήσεων γης στην ΠΕ Λασιθίου (66ΛΑΠ)



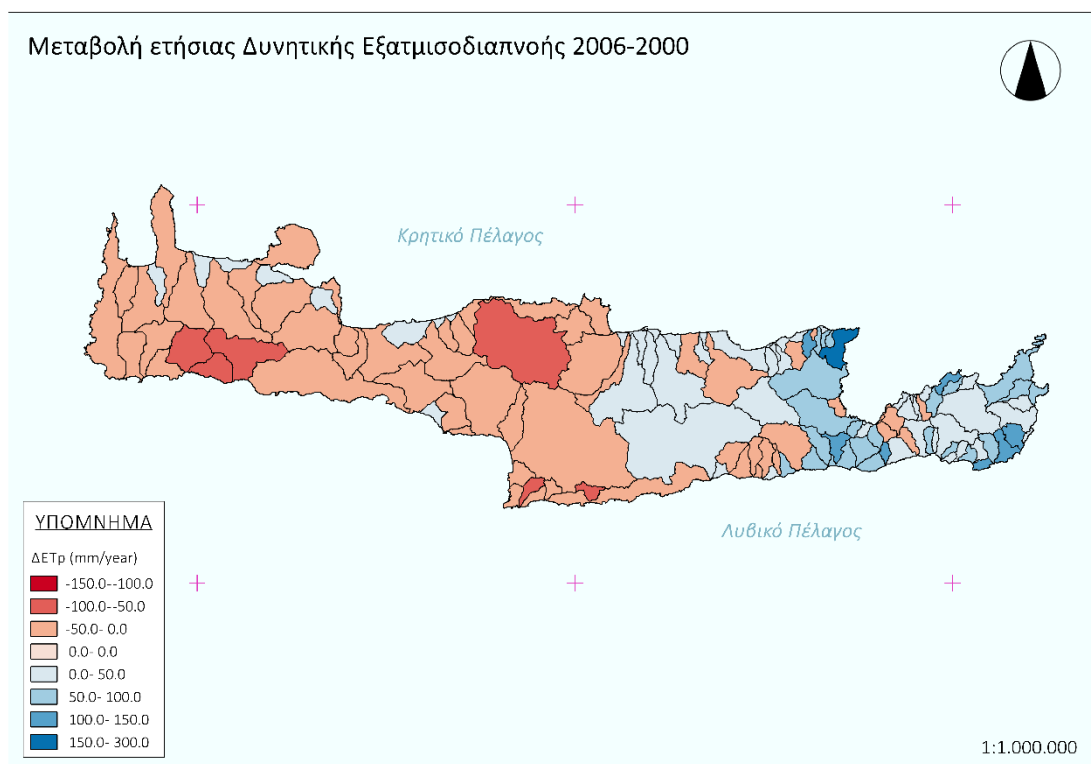
Εικόνα 5.33 – Συνολική ετήσια δυνητική εξατμισοδιαπνοή ανά ΛΑΠ για το έτος 2000



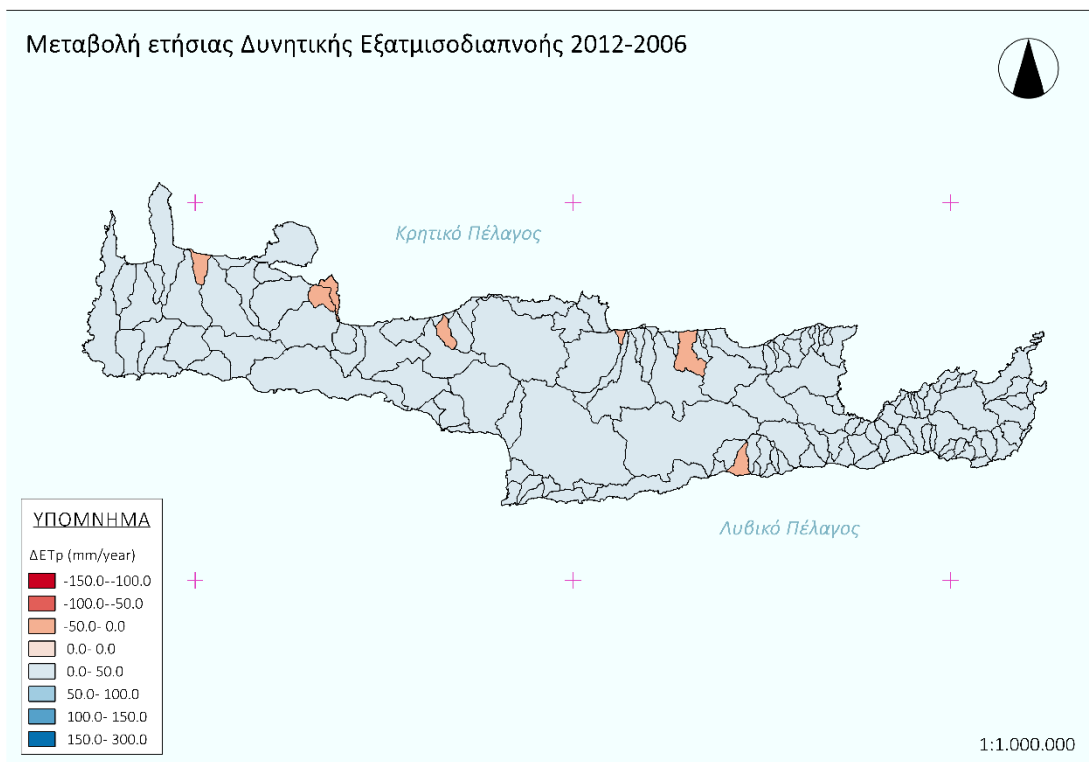
Εικόνα 5.34 - Συνολική ετήσια δυνητική εξατμισοδιαπνοή ανά ΛΑΠ για το έτος 2006



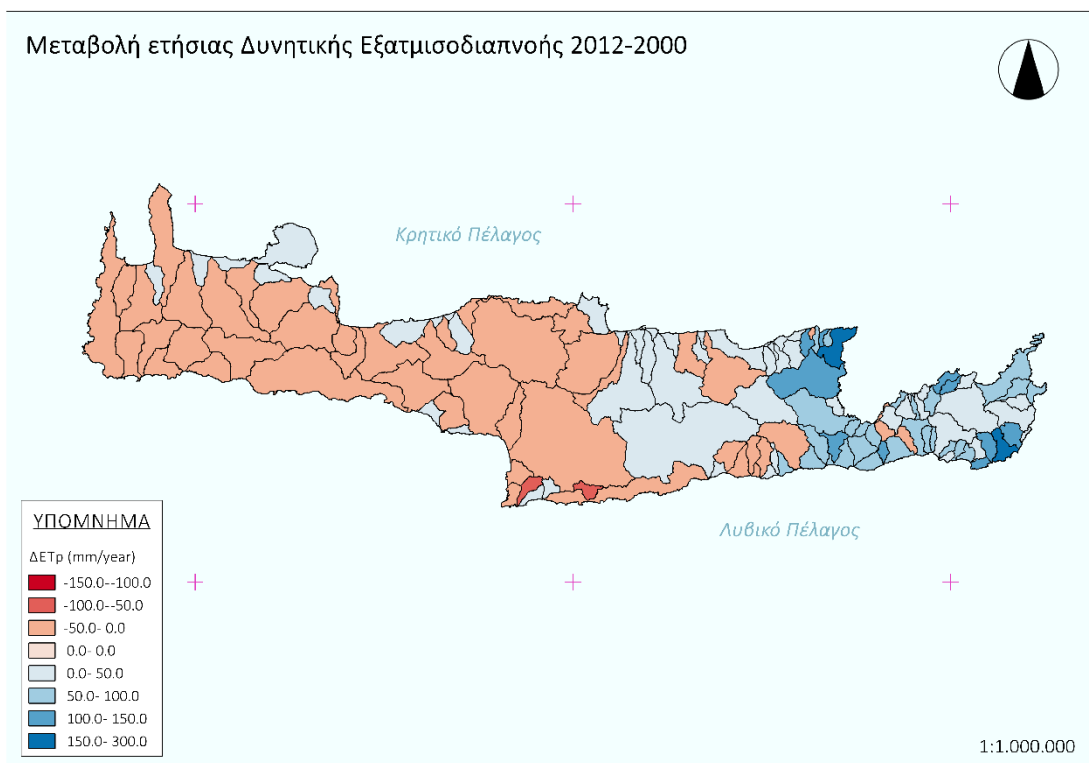
Εικόνα 5.35 - Συνολική ετήσια δυνητική εξατμισοδιαπνοή ανά ΛΑΠ για το έτος 2012



Εικόνα 5.36 - Μεταβολή της συνολικής ετήσιας δυνητικής εξατμισοδιαπνοής σε επίπεδο ΛΑΠ για τα έτη 2006-2000

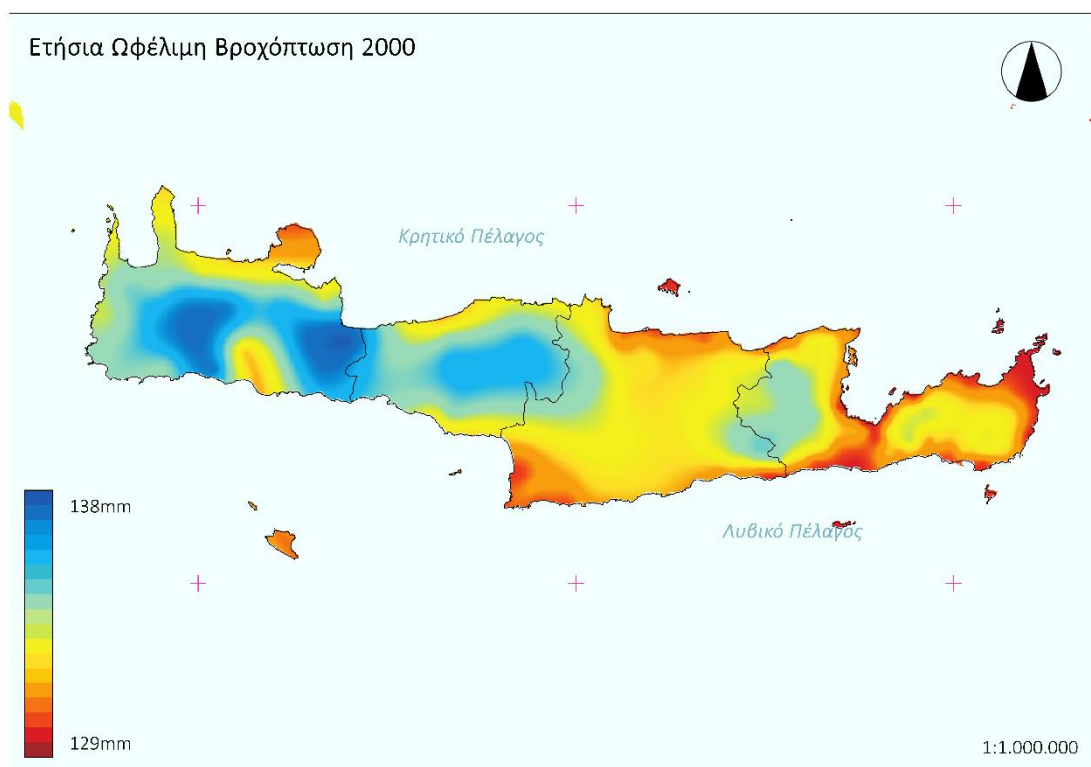


Εικόνα 5.37 - Μεταβολή της συνολικής ετήσιας δυνητικής εξατμισοδιαπνοής σε επίπεδο ΛΑΠ για τα έτη 2012-2006

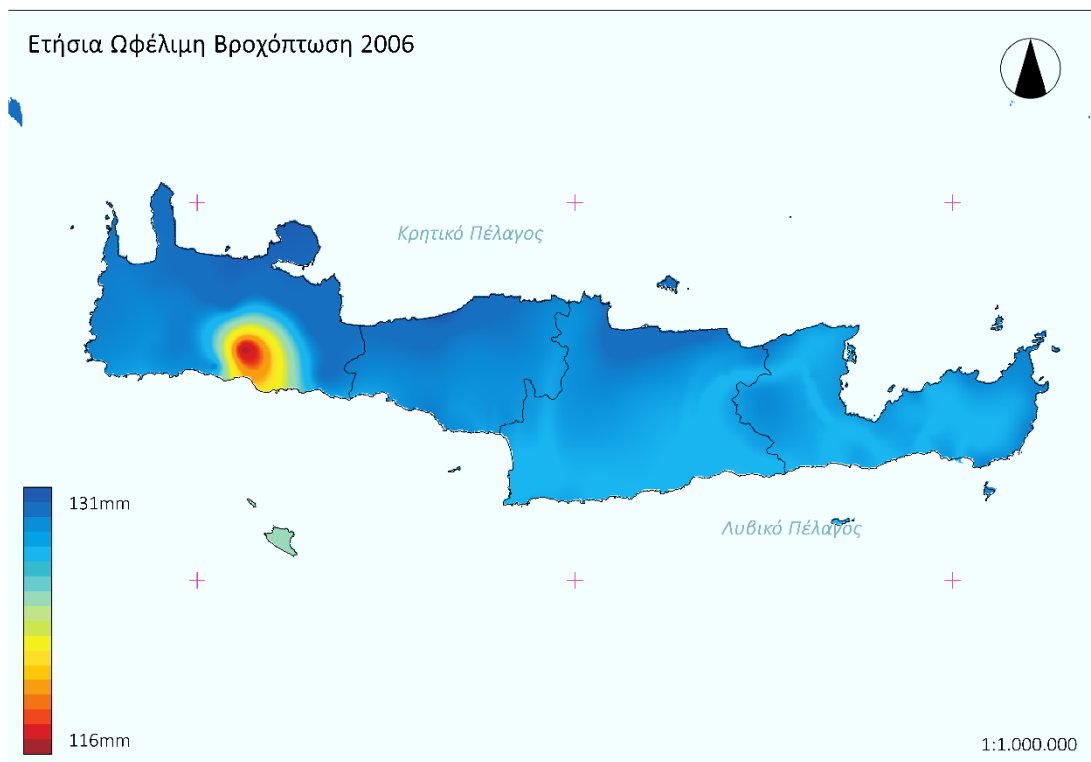


Εικόνα 5.38 - Μεταβολή της συνολικής ετήσιας δυνητικής εξατμισοδιαπνοής σε επίπεδο ΛΑΠ για τα έτη 2012-2000

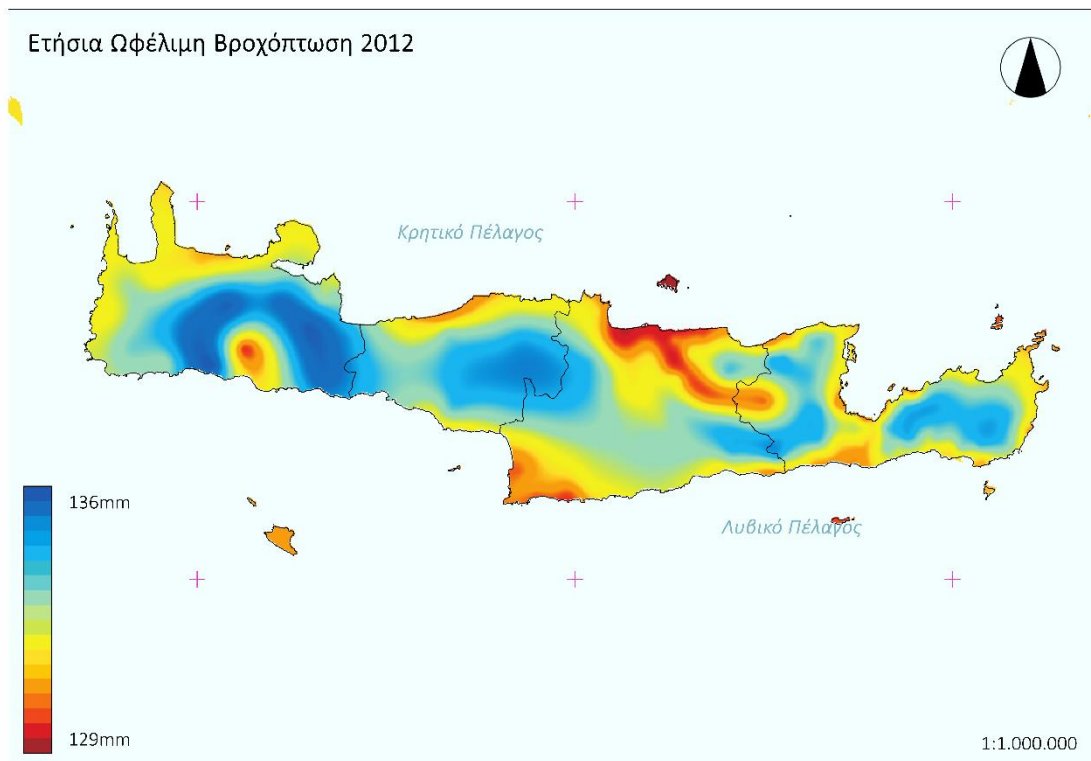
Η ωφέλιμη βροχόπτωση το 2000 (Εικόνα 5.38) κατανεμήθηκε με αντίθετο τρόπο ανατολικά και δυτικά της Κρήτης, με αυξημένες βροχοπτώσεις στις ΛΑΠ των ΠΕ Χανίων και Ρεθύμνου, συγκριτικά με τις ΛΑΠ που ανήκουν στις ΠΕ Ηρακλείου και Λασιθίου. Ωστόσο, τονίζεται ότι το εύρος των τιμών της ωφέλιμης δεν ήταν μεγάλο 129-138mm. Αντιθέτως, το 2006 η κατανομή της φαίνεται πιο ομοιόμορφη σε όλη την έκταση του νησιού με τιμές κοντά στα 131mm (Εικόνα 5.39). Μόνη εξαίρεση αυτή τη χρονιά αποτέλεσε η περιοχή της Σαμαριάς, στην οποία η ωφέλιμη βροχόπτωση ήταν της τάξης των 116mm. Συγκριτικά μεταξύ 2000-2006, η ωφέλιμη βροχόπτωση μειώθηκε (Εικόνα 5.41). Για το 2012 η ωφέλιμη βροχόπτωση έλαβε υψηλότερες τιμές δυτικά του νησιού και χαμηλότερες ανατολικά (Εικόνα 5.40). Το εύρος σε αυτή την περίπτωση ήταν 129-136mm. Οι χαμηλότερες τιμές εντοπίστηκαν και πάλι στην περιοχή της Σαμαριάς, αλλά και στη πεδιάδα της Μεσσαράς και βόρεια του Ηρακλείου. Όπως αποδείχθηκε και από τα εύρη τιμών μεταξύ 2006-2012, η ωφέλιμη βροχόπτωση αυξήθηκε σε όλη την Κρήτη (Εικόνα 5.42). Τέλος, διαχρονικά η βροχόπτωση στην Κρήτη είναι υψηλότερη δυτικά και χαμηλότερη ανατολικά, ειδικότερα για την περίοδο 2000-2012 η ωφέλιμη βροχόπτωση μειώθηκε στα δυτικά και αυξήθηκε στα ανατολικά (Εικόνα 5.43).



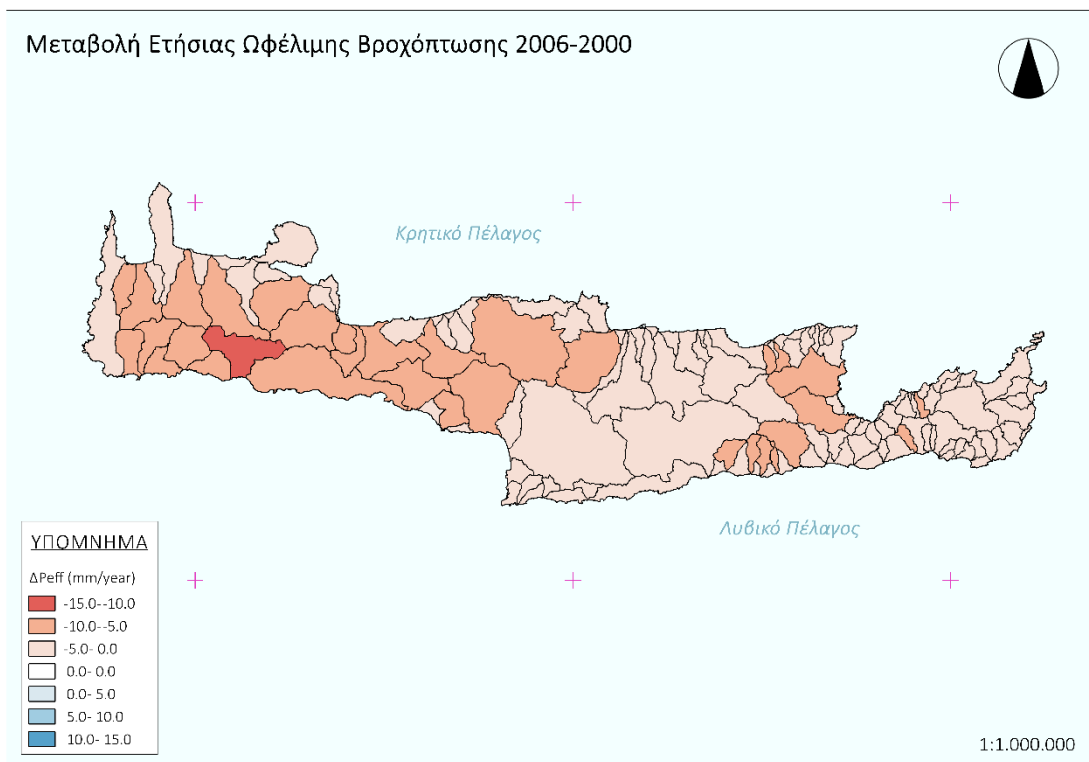
Εικόνα 5.39 – Κατανομή ετήσιας ωφέλιμης βροχόπτωσης 2000



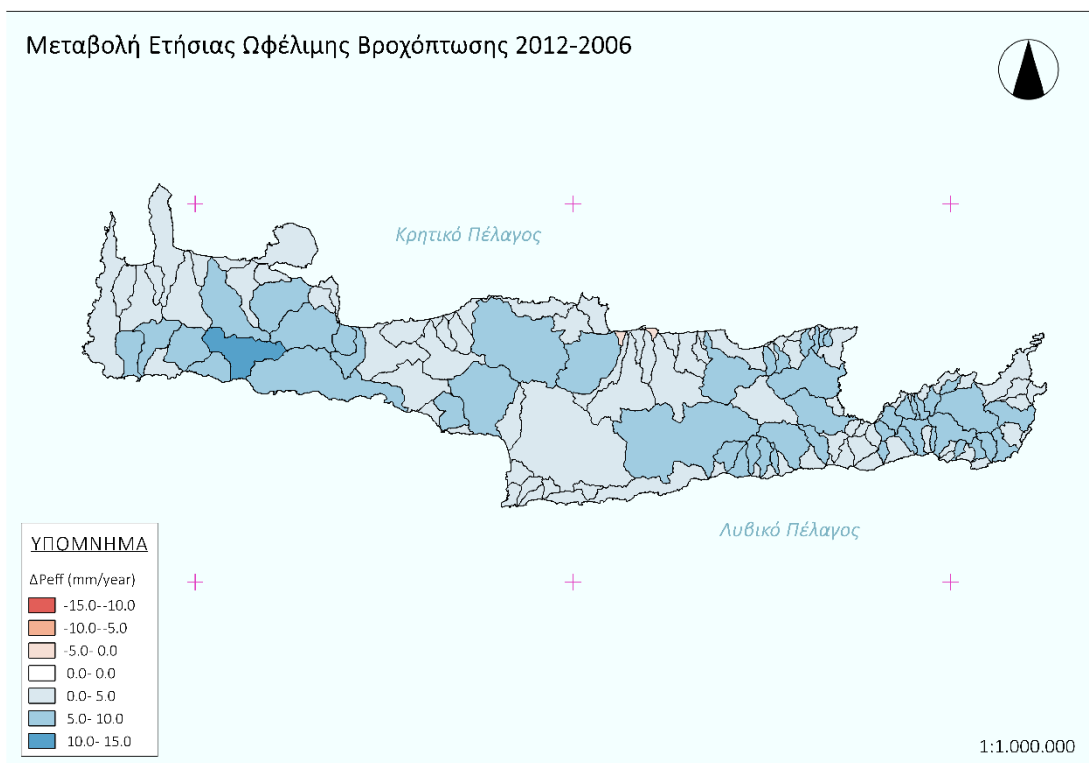
Εικόνα 5.40 - Κατανομή ετήσιας ωφέλιμης βροχόπτωσης 2006



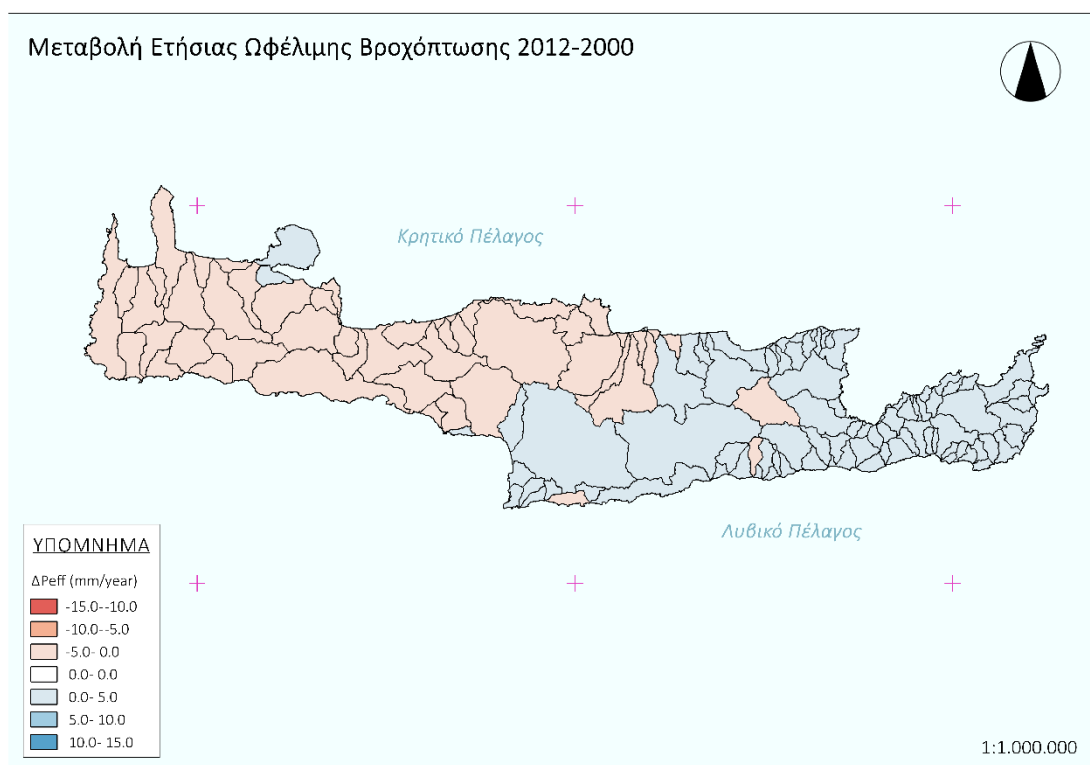
Εικόνα 5.41 - Κατανομή ετήσιας ωφέλιμης βροχόπτωσης 2012



Εικόνα 5.42 - Μεταβολή της συνολικής ετήσιας ωφέλιμης βροχόπτωσης σε επίπεδο ΛΑΠ για τα έτη 2006-2000

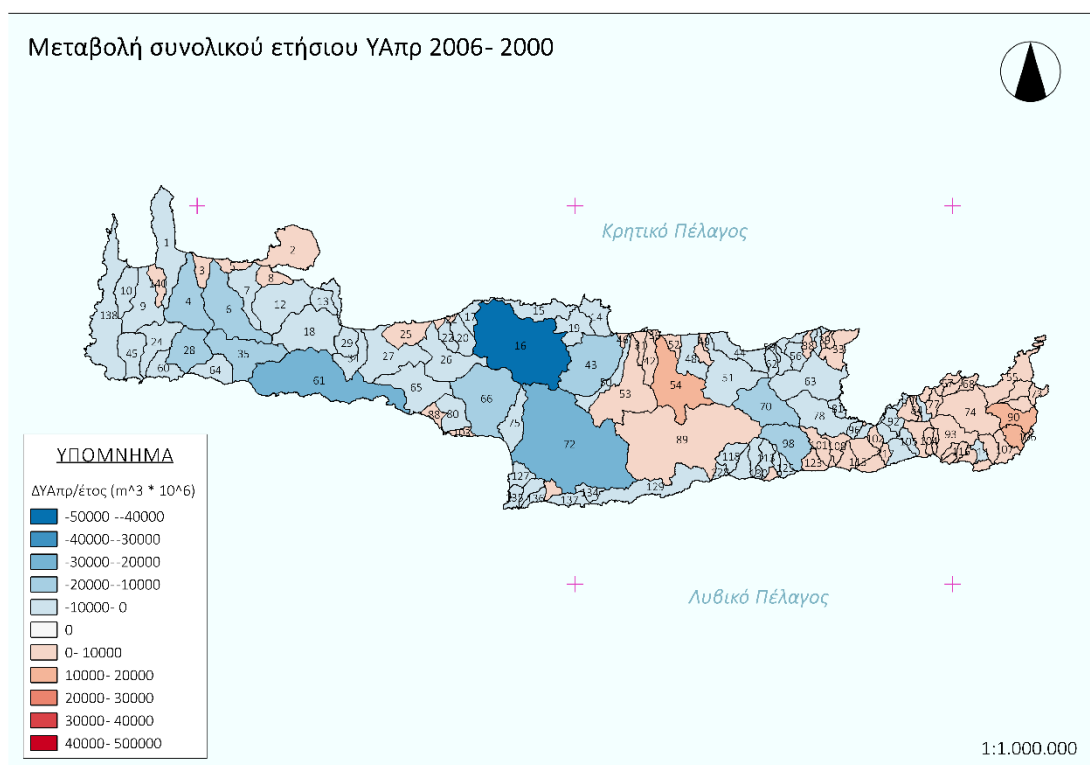


Εικόνα 5.43 - Μεταβολή της συνολικής ετήσιας ωφέλιμης βροχόπτωσης σε επίπεδο ΛΑΠ για τα έτη 2012-2006



Εικόνα 5.44 - Μεταβολή της συνολικής ετήσιας ωφέλιμης βροχόπτωσης σε επίπεδο ΛΑΠ για τα έτη 2012-2000

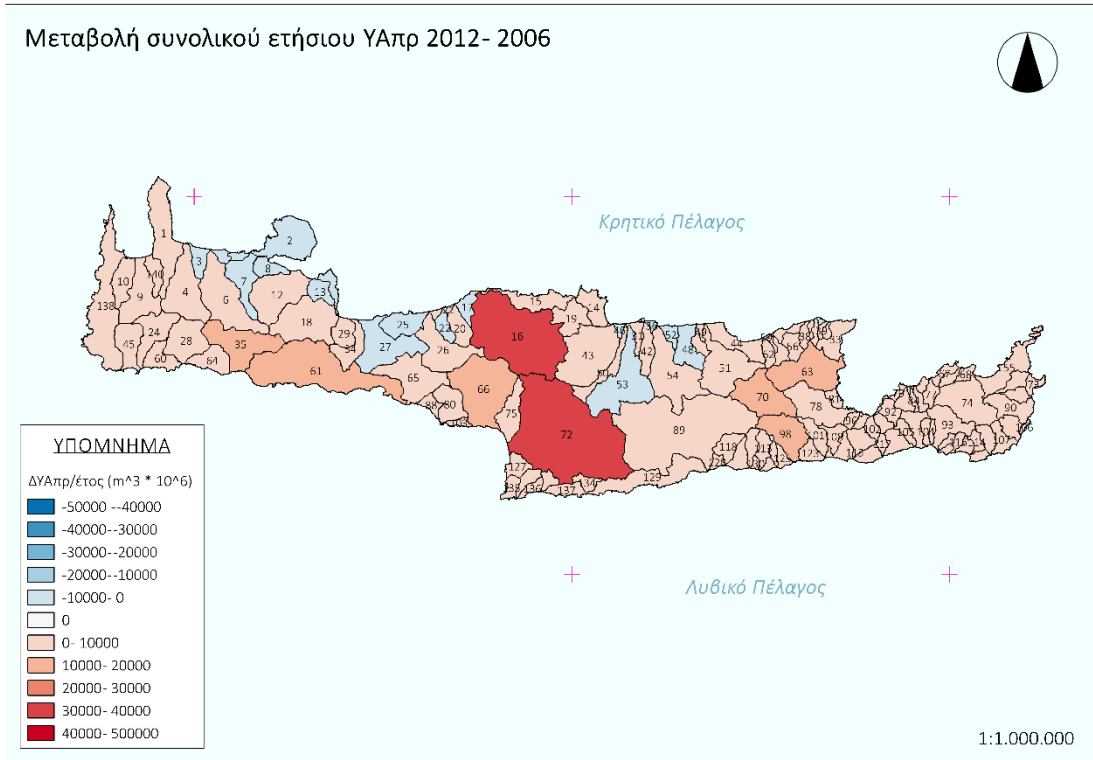
Έχοντας υπόψιν τις παραπάνω παρατηρήσεις, μελετήθηκαν οι μεταβολές του συνολικού $ΥΑ_{\text{πρ}}$. Στην εξαετία 2000-2006, παρατηρήθηκε μειωτική τάση του δείκτη στην μεγαλύτερη έκταση της Κρήτης, ενώ το $ΥΑ_{\text{πρ}}$ αυξήθηκε κυρίως στα ανατολικά, όπου βασική κάλυψη γης αποτελούν οι δασικές εκτάσεις και σε δεύτερο επίπεδο οι ελαιώνες. Αυτό σημαίνει ότι κατά τη διάρκεια των έξι ετών, οι υδατικές ανάγκες των δασών σε εκείνη την περιοχή αυξήθηκαν. Σε ετήσιο επίπεδο, η δυνητική ΕΤ κατά μέσο όρο στις ΛΑΠ ήταν ίση με 50.7112mm (1/2000) & 47.682mm (1/2006), ενώ τον Αύγουστο ήταν ίση με 388.437mm (8/2000) & 461.987mm (8/2006). Όπως είναι λογικό, παρουσιάστηκε αυξητική τάση τους θερινούς μήνες. Γενικά, όμως σε όλη την έκταση της Κρήτης παρατηρήθηκε μείωση της $ΕΤ_p$, γεγονός που την αναδεικνύει ως ανάλογη μεταβλητή με το $ΥΑ_{\text{πρ}}$. Αντίστοιχα, ενδεικτικά η δυνητική Ρ τον Ιανουάριο ήταν κατά μέσο όρο για όλη την Κρήτη με 138.638mm (2000) & 131.049mm (2006), ενώ για τον Αύγουστο ίση με 125.061mm (2000) & 125.014mm (2006), πράγμα που σημαίνει ότι παραμένοντας σχεδόν σταθερή δεν επηρέασε σε τόσο βαθμό όσο η μεταβολή της $ΕΤ_p$.



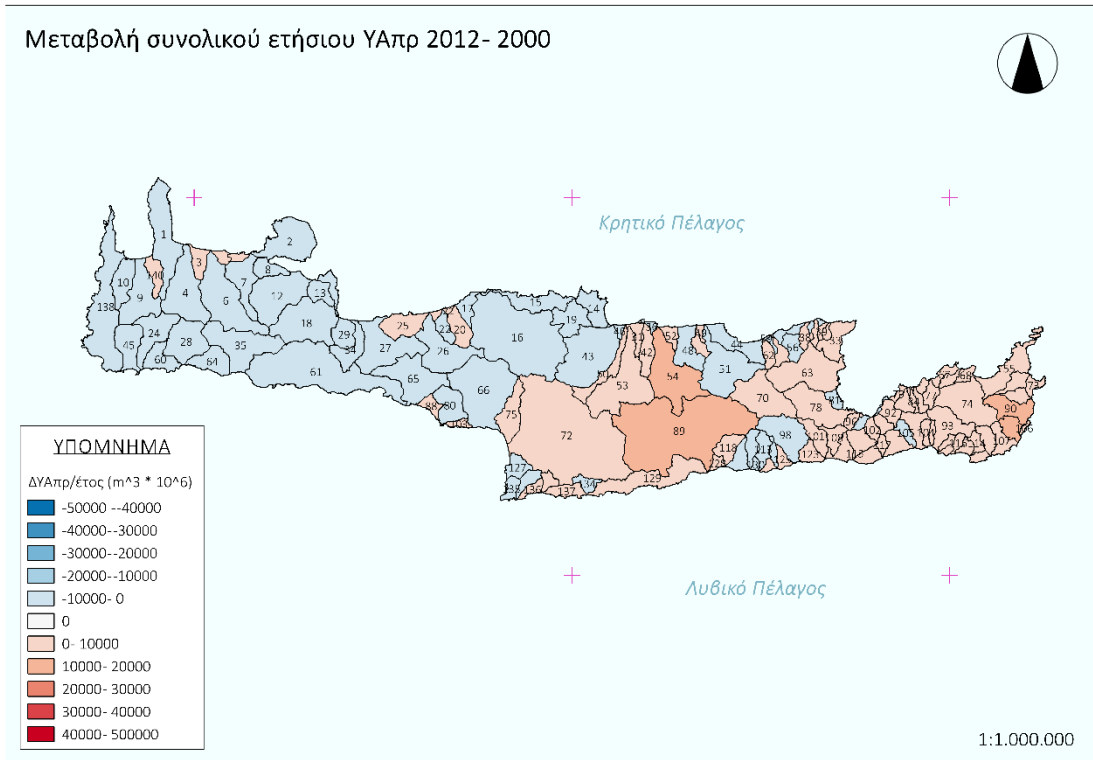
Εικόνα 5.45 – Μεταβολή του συνολικού ετήσιου ΥΑ_{πρ} σε επίπεδο ΛΑΠ για τα έτη 2006-2000

Στην εξαετία 2006-2012, παρατηρήθηκε αυξητική τάση του δείκτη στην μεγαλύτερη έκταση της Κρήτης, ενώ το ΥΑ_{πρ} μειώθηκε μόνο σε λίγες ΛΑΠ στο βόρειο τα τμήμα της νήσου, στις οποίες συναντάται αστικός ιστός. Αυτό σημαίνει ότι κατά τη διάρκεια αυτών των έξι ετών, οι υδατικές ανάγκες όλων των χρήσεων γης που εξετάστηκαν αυξήθηκαν. Σε ετήσιο επίπεδο, η δυνητική ΕΤ κατά μέσο όρο στις ΛΑΠ ήταν ίση με 47.682mm (1/2006) & 51.2538mm (1/2012), ενώ τον Αύγουστο ήταν ίση με 461.987mm (8/2006) & 442.365mm (8/2012). Όπως είναι λογικό, παρουσιάστηκε αυξητική τάση τους θερινούς μήνες. Γενικά, όμως σε όλη την έκταση της Κρήτης παρατηρήθηκε αύξηση της ΕΤρ,. Αντίστοιχα, ενδεικτικά η δυνητική Ρ τον Ιανουάριο ήταν κατά μέσο όρο για όλη την Κρήτη με 131.049mm (2006) & 148.852mm (2012), ενώ για τον Αύγουστο ίση με 125.014mm (2006) & 125.007mm (2012), πράγμα που σημαίνει ότι παραμένοντας σχεδόν σταθερή δεν επηρέασε σε τόσο βαθμό όσο η μεταβολή της ΕΤρ.

Συνολικά στα 12 έτη, το ΥΑ_{πρ} μειώθηκε στα δυτικά της Κρήτης και αυξήθηκε στα ανατολικά. Αυτό συνέβη χωρίς να μεταβληθεί αισθητά η κάλυψη γης, γεγονός που οδήγησε στο συμπέρασμα ότι για την μεταβολή αυτή σημαντικό ρόλο παίζουν οι κλιματικές μεταβολές (θερμοκρασία, βροχόπτωση και υγρασία) και οι μεταβολές στην απόδοση των καλλιεργειών.

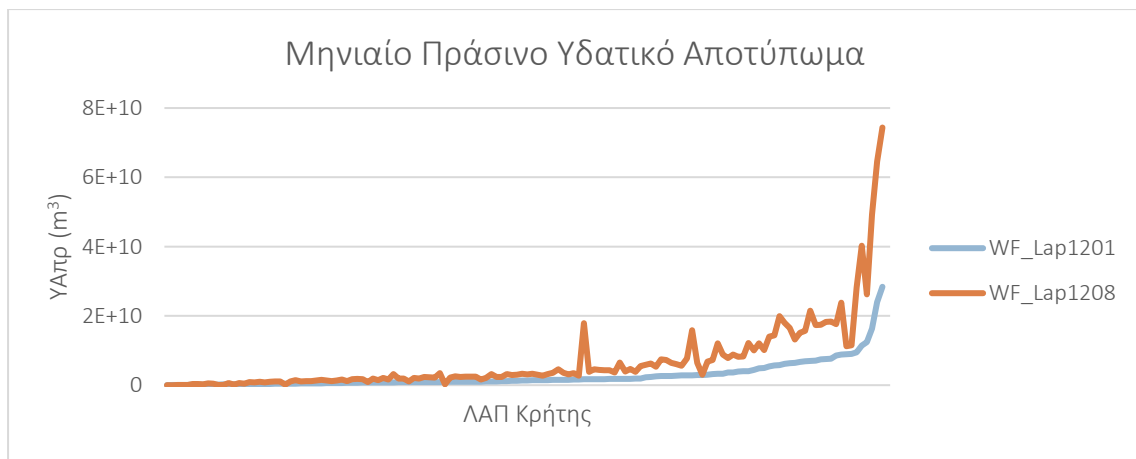


Εικόνα 5.46 - Μεταβολή του συνολικού ετήσιου ΥΑ_{πρ} σε επίπεδο ΛΑΠ για τα έτη 2012-2006

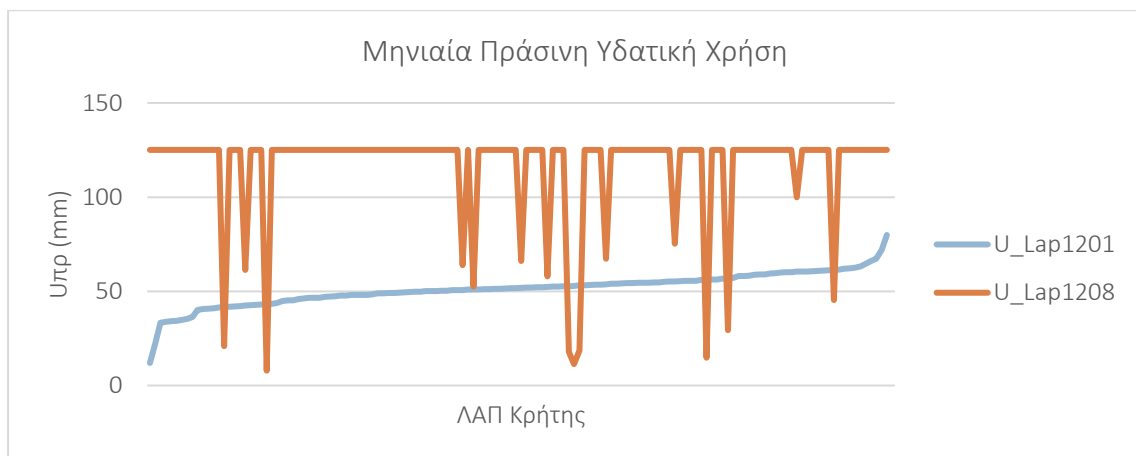


Εικόνα 5.47 - Μεταβολή του συνολικού ετήσιου ΥΑ_{πρ} σε επίπεδο ΛΑΠ για τα έτη 2012-2000

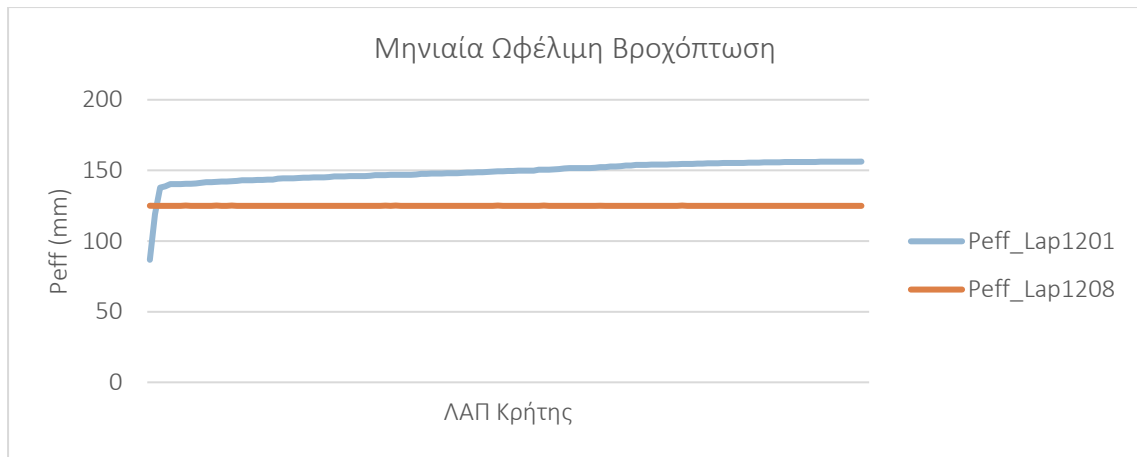
Τέλος, παρατηρήθηκε ότι σε επίπεδο μήνα, το $YA_{\pi\rho}$ ήταν μεγαλύτερο τους θερινούς μήνες (Διάγραμμα 5.7). Το ίδιο ισχύει και για την πράσινη μηνιαία υδατική χρήση (Διάγραμμα 5.8), η οποία όμως δεν είχε παρόμοιες τάσεις ανά μήνα. Αυτό συνέβη γιατί, η υδατική χρήση, προκύπτει ως το ελάχιστο μεταξύ της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής και της ωφέλιμης βροχόπτωσης. Για αυτές τις δύο παραμέτρους σε μηνιαίο επίπεδο, παρατηρήθηκε ότι κατά τους θερινούς μήνες η P_{eff} ήταν χαμηλότερη συγκριτικά με τους χειμερινούς και σχετικά σταθερή σε όλη την Κρήτη, ενώ η ET_p μεγιστοποιήθηκε κατά τους θερινούς μήνες και εμφάνισε κάποιο μοτίβο στις εναλλαγές των τιμών της ανά ΛΑΠ σε σχέση με τους χειμερινούς μήνες (Διαγράμματα 5.8 & 5.8)



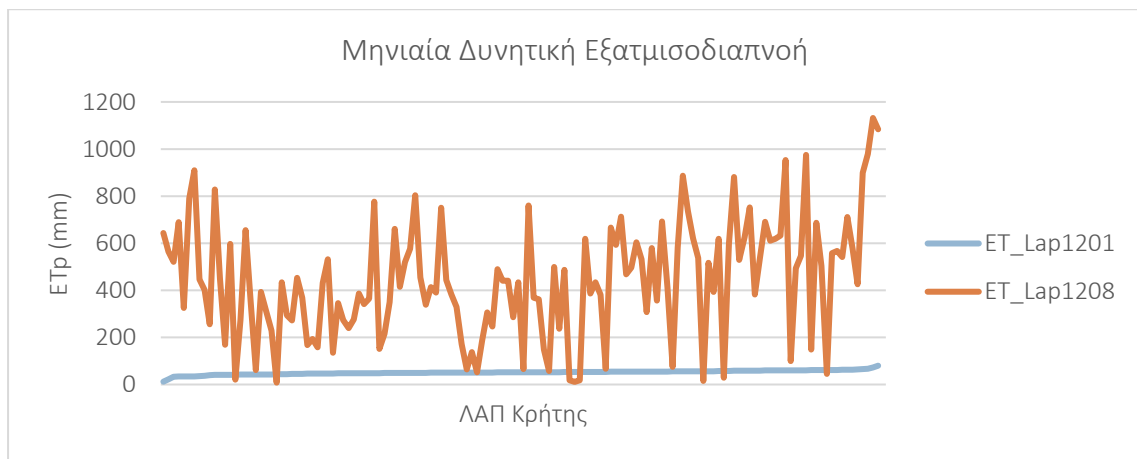
Διάγραμμα 5.7 - Σύγκριση $YA_{\pi\rho}$ Ιαν-Αυγ 2012



Διάγραμμα 5.8 - Σύγκριση $U_{\pi\rho}$ Ιαν-Αυγ 2012



Διάγραμμα 5.9 - Σύγκριση Peff Ιαν-Αυγ 2012



Διάγραμμα 5.10 - Σύγκριση ET_p Ιαν-Αυγ 2012

Εν κατακλείδι, σε μηνιαίο επίπεδο, η πράσινη υδατική χρήση αυξάνεται κατά τους θερινούς μήνες όπως και η δυνητική εξατμισοδιαπνοή, σε αντίθεση με την ωφέλιμη βροχόπτωση η οποία μειώνεται.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

6.1 Γενικά συμπεράσματα

Σύμφωνα με την καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης στο Υδατικό Διαμέρισμα της Κρήτης (ΥΔ13), οι υδατικές πιέσεις που αφορούν στις φυσικές και ανθρωπογενείς δραστηριότητες εξακολουθούν να υπάρχουν παρά τη διαμόρφωση του σχετικού θεσμικού πλαισίου.

Σημαντικοί παράγοντες στις υδατικές πιέσεις αποτελούν η πολύπλοκη γεωμορφολογία της νήσου, η ανομοιόμορφη κατανομή των υδάτινων πόρων χρονικά και χωρικά, αλλά και οι μεταβολές των κλιματικών συνθηκών.

Βασικό ρόλο στην εξισορρόπηση των πιέσεων αυτών παίζει η πλημμελής και μη συντονισμένη στάση των υπεύθυνων φορέων για την προστασία και διαχείριση των υδάτων, η οποία πηγάζει από αντιτιθέμενα συμφέροντα και προτεραιότητες. Αυτή η έλλειψη αποτελεσματικών πολιτικών και δομών διαχείρισης στη χώρα, οδηγούν σε φαινόμενα όπως η αναντιστοιχία της διοικητικής διάρθρωσης της χώρας σε σχέση με αυτή των υδατικών συστημάτων (υπολεκάνες).

Δεδομένης της παραπάνω κατάστασης, είναι απαραίτητη η χρήση εύχρηστων και δομημένων εργαλείων ανάλυσης και σύνθεσης των καταγεγραμμένων κλιματολογικών και υδρολογικών πληροφοριών, που θα εφαρμόζονται σε επίπεδο υδατικών συστημάτων, όπως ορίζει η Οδηγία 2000/60/ΕΚ.

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.

Υπάρχει πληθώρα ερευνών και βιβλιογραφικών πηγών, στις οποίες αναφέρονται μέθοδοι υπολογισμού του ΥΑ σε διαφορετικές χωρικές και χρονικές κλίμακες. Ωστόσο, ενώ η ερευνητική κοινότητα, έχει συμφωνήσει σε κάποιους εμπειρικούς τρόπους υπολογισμού, δεν υπάρχει μία επίσημη μεθοδολογία, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε ικανοποιητικά αποτελέσματα, ανεξαρτήτως της μεταβλητότητας των συνθηκών (*water footprint network, 2018*).

Ειδικότερα για την πράσινη συνιστώσα του ΥΑ βάσει της έως τώρα έρευνας, η δυνητική εξατμισοδιαπνοή θεωρείται η βασικότερη παράμετρος υπολογισμού του, σε συνδυασμό με την ωφέλιμη βροχόπτωση. Για τον προσδιορισμό ωστόσο των δύο αυτών παραμέτρων απαραίτητα είναι επίκαιρα και ακριβή, πρωτογενή δεδομένα, των μεταβολών της κάλυψης γης, των κλιματικών συνθηκών, του ανάγλυφου και της γεωλογίας, αλλά και της ζήτησης και της κατανάλωσης νερού. Ιδιαίτερη σημασία σε αυτό, έχει η ομογενοποίησή τους ως προς το επίπεδο μελέτης (δήμος/ΛΑΠ), ως προς τις μονάδες μέτρησης, ή ακόμη και ως προς την ακρίβεια.

Η επίγεια αποτύπωση της κάλυψης γης και των μεταβολών της, αποτελεί διαδικασία πάρα πολύ χρονοβόρα και με μεγάλο κόστος, όπως άλλωστε και η επίγεια καταμέτρηση των κλιματικών συνθηκών, η οποία πραγματοποιείται με την εγκατάσταση/επέκταση δικτύου μετεωρολογικών σταθμών. Αυτό, έχει ως αποτέλεσμα τα δίκτυα καταγραφής αυτών των μεταβλητών να είναι περιορισμένα, αδυνατώντας να αποδώσουν αντιπροσωπευτικό δείγμα επίγειων μετρήσεων για τον ακριβή προσδιορισμό των διαχρονικών μεταβολών της ΕΤρ στο χώρο. Επιπροσθέτως, σε ό,τι αφορά στους μετεωρολογικούς σταθμούς, βασικό τροχοπέδη αποτελεί η συνήθης εγκατάστασή τους σε γεωργικές περιοχές με αποτέλεσμα το δείγμα να μην είναι αντιπροσωπευτικό και πολλές περιοχές να μένουν ακάλυπτες ή να μην έχουν ακριβείς τιμές, καθώς αυτές προκύπτουν από παρεμβολή. Τέλος, για να υπολογιστεί η τιμή της ΕΤρ με τις προτεινόμενες βιβλιογραφικά εμπειρικές μεθόδους, λαμβάνονται αναγκαστικά κάποιες παραδοχές. Οι παραδοχές αυτές, μειώνουν την ακρίβεια, μιας και δεν θεωρούνται μετρήσεις, αλλά προσεγγίσεις (Ταμπουρατζή, 2015).

Τα παραπάνω θέματα των επίγειων μετρήσεων των απαραίτητων μεταβλητών για τον υπολογισμό του $Y_{A_{πρ}}$ επιλύονται σε κάποιο βαθμό με τη χρήση ψηφιακής τηλεπισκόπησης, η οποία παρέχει εύκολη πρόσβαση σε συνεχή χρονικά και χωρικά δεδομένα βιοφυσικών μεταβλητών. Συγκεκριμένα, η ψηφιακή τηλεπισκόπηση έχει αναγνωρισθεί ως μία αξιόπιστη και γρήγορη προσέγγιση για μεγάλης κλίμακας εφαρμογές επειδή έχει τη δυνατότητα να αποδώσει αντιπροσωπευτικά παραμέτρους, όπως είναι η επιφανειακή θερμοκρασία και η αντανάκλαση της βλάστησης, ανά πάσα στιγμή, χωρίς περιορισμούς και οικονομική επιβάρυνση.

Ένα ακόμη πλεονέκτημα της ψηφιακής τηλεπισκόπησης έγκειται στη δυνατότητα εξαγωγής των αποτελεσμάτων σε πραγματικό χρόνο, αλλά και η άμεση επικαιροποίησή τους. Σημειώνεται ότι 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, 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 δορυφορικού δέκτη MODIS, ο οποίος διαθέτει δεδομένα από το έτος 2000 και μετά (Ταμπουρατζή, 2015)

Σε κάθε περίπτωση, μετά την αποτίμηση των υδατικών πιέσεων θα πρέπει να διαμορφώνονται εναλλακτικά σενάρια ανάπτυξης, τα οποία δύνανται να επικαιροποιούνται, να ελέγχονται και

να επαναπροσδιορίζονται ανά πάσα στιγμή, προσεγγίζοντας κατά αυτόν τον τρόπο το πρόβλημα της ποσοτικής έλλειψης και ποιοτικής υποβάθμισης του νερού.

6.2 Συμπεράσματα σε σχέση με τη μεθοδολογία που υλοποιήθηκε

Διαχρονικά το μοτίβο του $YA_{\pi\rho}$ παραμένει κατά κύριο λόγο σταθερό στην Κρήτη. Τα υδατικά συστήματα της Κρήτης χαρακτηρίζονται από καλή έως υψηλή ποιοτική υδατική κατάσταση που σημαίνει ότι παρουσιάζουν χαμηλές τιμές $YA_{\pi\rho}$ και άρα χαμηλές υδατικές καταναλώσεις.

Οι ΛΑΠ με τα υψηλότερα $YA_{\pi\rho}$ είναι αυτές που καλύπτονται από γεωργικές καλλιέργειες και ιδιαίτερα ελαιώνες και οπωρώνες, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι οι δενδρώδεις καλλιέργειες επιβαρύνουν περισσότερο τα «πράσινα ύδατα» από ότι αυτές με χαμηλότερα φυτά, όπως όσπρια ή λιβάδια. Αντίθετα, τις χαμηλότερες τιμές $YA_{\pi\rho}$ τις λαμβάνουν οι ΛΑΠ οι οποίες καλύπτονται κατά κύριο λόγο από φυσικούς βοσκοτόπους και εντοπίζονται σε αυτές ελάχιστα δέντρα.

Με βάση τα παραπάνω οι χαμηλές υδατικές καταναλώσεις οφείλονται στο γεγονός ότι η Κρήτη καλύπτεται στο μεγαλύτερο τμήμα της από δασικές εκτάσεις και ειδικότερα εκτάσεις θαμνώδους ή/και ποώδους βλάστησης, οι οποίες δεν έχουν τόσο αυξημένες υδατικές απαιτήσεις όσο οι καλλιέργειες.

Ωστόσο, ο υπολογισμός του $YA_{\pi\rho}$, δεν βασίζεται μόνο στην κάλυψη γης αλλά και στα κλιματικά δεδομένα. Τα κλιματικά δεδομένα, πέραν της μεταβλητότητας που έτσι κι αλλιώς τα χαρακτηρίζει, συσχετίζονται άμεσα με το υψόμετρο κάθε περιοχής. Οι δύο αυτές παράμετροι της εποχιακής μεταβλητότητας και της εναλλαγής του υψομέτρου, επηρεάζουν τις τιμές των $YA_{\pi\rho}$.

Σημαντικό ρόλο σε μεγάλες περιοχές μελέτης, διαδραματίζουν και οι διαφορετικές εκτάσεις των ΛΑΠ που εξετάζονται. Οι ΛΑΠ με μεγαλύτερη έκταση παρουσιάζουν αυξημένο συνολικό $YA_{\pi\rho}$, αφού σε αυτές εντάσσονται περισσότερες χρήσεις γης, άρα αυξάνονται οι ανάγκες σε νερό και άρα και οι υδατικές πιέσεις. Προφανώς, κάθε χρήση γης παρουσιάζει διαφορετικό μέγεθος $YA_{\pi\rho}$ στα υδατικά συστήματα της περιοχής μελέτης, αναλόγως με το ποσοστό που συμμετέχει στην συνολική της έκταση.

Ειδικότερα, συσχετίζοντας το συνολικό $YA_{\pi\rho}$ με την $ET\rho$ και την $Peff$, προκύπτει ότι αυτό μεταβάλλεται, ανάλογα με την μεταβολή των παραμέτρων αυτών. Σε γενικό επίπεδο, τους θερινούς μήνες η $ET\rho$ αυξάνεται, όπως και το $YA_{\pi\rho}$, ενώ η $Peff$ μειώνεται. Το αντίθετο συμβαίνει τους χειμερινούς μήνες. Σε βάθος χρόνου, όμως, (12ετία) και σε ετήσια βάση, το $YA_{\pi\rho}$ και η $ET\rho$

μειώνονται στα δυτικά της νήσου, ενώ η Reff αυξάνεται, Το αντίθετο ισχύει για το ανατολικό ελτμήμα της νήσου.

Επιπλέον, η επίδραση των κλιματικών μεταβολών στο συνολικό ΥΑ εντείνεται σε περιοχές που παρουσιάζουν υδατικό έλλειμα, ενώ παράλληλα παίζει πολύ σημαντικό ρόλο η χρονική στιγμή μεταβολής των κλιματικών παραμέτρων (θερμοκρασία & βροχή), κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. (Paradouroulou et.al., 2015)

Σημειώνεται σε αυτό το σημείο ότι οι τιμές της ωφέλιμης βροχόπτωσης αυξομειώνονται διαχρονικά και χωρικά, ωστόσο, το εύρος τους δεν είναι μεγάλο και κατά συνέπεια μπορεί να θεωρηθεί ότι επικρατούν σταθερές σχετικά συνθήκες βροχόπτωσης στην Κρήτη. Σε αυτό συμβάλλει, ότι η νήσος αποτελεί αυτόνομο υδατικό σύστημα, που περιβάλλεται από θάλασσα και έτσι δεν επηρεάζεται από γειτονικούς υδατικούς πόρους, γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά και κλιματολογικές συνθήκες.

6.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Από τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή της αλλά και τα τελικά αποτελέσματα της αξιολόγησης, προκύπτει η ανάγκη για περαιτέρω έρευνα, σε διαφορετικά επίπεδα. Δεδομένης της χονδροειδούς χωρικής ακρίβειας των αρχικών δεδομένων, προτείνονται τα εξής:

- ❖ Ομογενοποίηση των δεδομένων που προέρχονται από γεωβάσεις στατιστικών υπηρεσιών, εθνικής ή ευρωπαϊκής (παγκόσμιας) εμβέλειας. (Μαμαρά, Α., 2015)
- ❖ Πύκνωση των αρχικών δεδομένων, η οποία εφόσον σε επίπεδο μετεωρολογικών σταθμών και επίγειας καταγραφής χρήσεων γης είναι χρονοβόρα και με μεγάλο κόστος, προτείνεται να υλοποιηθεί μέσω δεδομένων ψηφιακής τηλεπισκόπησης. Με αυτό τον τρόπο θα μειωθεί το σφάλμα που προκύπτει από τις παρεμβολές.
- ❖ Δημιουργία συστημάτων καταγραφής για επικαιροποιημένα δεδομένα ανά πάσα στιγμή. Σε αυτό το πλαίσιο, προτείνεται η σύγκριση των επίγειων κλιματικών δεδομένων με τα αντίστοιχα δορυφορικά, για την εύρεση διαφορών και σφαλμάτων.
- ❖ Ελαχιστοποίηση των παραδοχών, όπως αυτή των ιδανικών συνθηκών ανάπτυξης και ύδρευσης των φυτών.
- ❖ Επακριβής προσδιορισμός παραμέτρων που υπολογίζονται προσεγγιστικά όπως η απόδοση των καλλιεργειών, η οποία στην παρούσα εργασία είναι ίση με το ποσοστό συμμετοχής της κάθε καλλιέργειας στη κάθε ΛΑΠ σε σχέση με την συνολική απόδοσή της

σε ολόκληρη την Κρήτη. Το ίδιο ισχύει και για τον προσδιορισμό του συνολικά απαιτούμενου όγκου νερό χωρίς την παραδοχή ότι αυτός ισούται με την ΕΔ.

- ❖ Εξαγωγή δυναμικών και όχι στατικών αποτελεσμάτων, καθώς είναι σύνηθες τα τελικά δεδομένα να αφορούν σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους, συγκεκριμένες περιοχές μελέτης και πολλές φορές σε πολύ συγκεκριμένες χρήσεις γης.
- ❖ Υπολογισμός μπλε συνιστώσας για την ίδια περιοχή μελέτης, ώστε να γίνει η σύγκριση χρήσης φυσικού και αρδευτικού νερού και να εντοπιστούν οι ΛΑΠ με πλεόνασμα ή έλλειμμα και αφού προσδιοριστεί ο τρόπος ανατροφοδότησής τους να υλοποιηθεί ο σχεδιασμός μέτρων διαχείρισης.
- ❖ Αναγωγή των αποτελεσμάτων σε κοινωνικοπολιτικό επίπεδο
- ❖ Αφού εξάγεται μια γενική εικόνα των υδατικών πιέσεων με τη μεθοδολογία που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία, κι εφόσον υπολογιστεί και η μπλε συνιστώσα, μπορεί να δοθεί περισσότερη προσοχή σε περιοχές με ακραίες τιμές, με στόχο εξειδικευμένα μέτρα σε επίπεδο δήμου ή κοινότητας. Η εφαρμογή του μοντέλου σε μικρότερη κλίμακα, με υλοποίηση ταξινομήσεων δορυφορικών δεδομένων μεγαλύτερης ανάλυσης για τις χρήσεις γης, και αντίστοιχων δορυφορικών για τα κλιματικά δεδομένα. Άλλωστε, η ικανότητα διαχείρισης δεδομένων μεγάλων εκτάσεων χωρίς τη συμμετοχή του αναλυτή αντιπροσωπεύει την μέγιστη εξέλιξη στη διαχείριση δεδομένων σε σχέση με το monitoring. (Hansen M.C. et al. , 2012)

Εν κατακλείδι, το σημαντικότερο όλων είναι να γίνουν οι απαραίτητοι έλεγχοι, ώστε να προκύψει μια μεθοδολογία αποτίμησης του συνολικού ΥΑ, η οποία θα μπορεί να εφαρμόζεται σε οποιαδήποτε χωρική κλίμακα, ανεξάρτητα από το κλίμα και για κάθε κάλυψη γης. Βέβαια, η υφιστάμενη μεθοδολογία, αποτελεί αυτή τη στιγμή ικανοποιητικό δείκτη, ο οποίος εφαρμοζόμενος σε περιοχές με μεγάλη γεωργική κάλυψη ($ΥΑ_{\text{πρ}}$), σε συνδυασμό με την κατανάλωση του φρέσκου νερού ($ΥΑ_{\text{μ}}$) και την επιδείνωση των υδατικών αποδεκτών ($ΥΑ_{\text{γκρ}}$), μπορεί να συμβάλλει στην αξιολόγηση των εφαρμοζόμενων καλλιεργητικών μεθόδων και στον σχεδιασμό διαχειριστικών μέτρων. (Papadopoulou et.al., 2015)

Τέλος, οι μεσογειακές λεκάνες απορροής ποταμών, οι οποίες χαρακτηρίζονται από παρόμοιες κλιματολογικές συνθήκες, περιορισμένους υδατικούς πόρους και αυξημένες υδατικές πιέσεις κυρίως λόγω της γεωργικής δραστηριότητας, επηρεάζονται επιπλέον από ερημοποίηση αλλά και διείδυση του θαλασσινού νερού σε αυτές, συνεπώς επιβάλλεται η λήψη μέτρων σε τοπική αλλά και εθνική κλίμακα, δίνοντας προσοχή σε κάθε κριτήριο ισάξια.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

i. Ελληνική Βιβλιογραφία

Βορεάδου, Α. (1993). *Επιπτώσεις των υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων στα οικοσυστήματα των τρεχούμενων νερών της Κρήτης.* Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Κρήτης, Τμήμα Βιολογίας, Ηράκλειο, Κρήτη. σσ. 302.

Ειδική Γραμματεία Υδάτων (2013). *Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης (ΥΔ13).* Υ.Π.Ε.Κ.Α.

Εθνική Επιτροπή Υδάτων (2010). *Καθορισμός των Λεκανών Απορροής Ποταμών της χώρας και ορισμού των αρμόδιων Περιφερειών για τη διαχείριση και προστασία τους.* Υ.Π.Ε.Κ.Α.

Ελληνική Στατιστική Αρχή (2018). *ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΚΑΙ ΛΕΚΤΙΚΟΥ ΣΤΗΛΩΝ ΤΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ ΤΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ*

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

Κουτσογιάννης, Δ., (2000). *Σημειώσεις Υδρομετεωρολογίας - Μέρος 1 - Έκδοση 2.* Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, σσ.157

Μαμαρά Α. (2015). *Ομογενοποίηση κλιματικών χρονοσειρών της Ελλάδας και χωρική ανάλυση ομογενοποιημένων δεδομένων θερμοκρασίας.* Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Θετικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Πατρών

Μαρίνη, Ε. (2014). *Ανάπτυξη Μεθοδολογίας Εκτίμησης του Υδατικού Αποτυπώματος με Χρήση Τεχνολογιών GIS – Εφαρμογή στο Υδατικό Διαμέρισμα Δ. 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

Νίκας, Ε. (2015). *Ανάπτυξη, σε περιβάλλον GIS, μεθοδολογίας για την μετατροπή δεδομένων χρήσεων / κάλυψης γης μεταξύ εθνικών και ευρωπαϊκών συστημάτων ταξινόμησης.* Μεταπτυχιακή Εργασία, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

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

Παπαζαφειρίου, Ζ. (1999). *Οι ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών.* Εκδ. Ζήτη

Σταθάτου, Π. (2011). *Ανάπτυξη γεωργικής – αρδευτικής πολιτικής με τη χρήση του Υδατικού Αποτυπώματος - Εφαρμογή στην πεδιάδα Μεσσαρά Κρήτης.* Μεταπτυχιακή 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

ΥΠΑΝ, ΕΜΠ, ΙΓΜΕ & ΚΕΠΕ (2003). *Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας, Συμπλήρωση της ταξινόμησης ποσοτικών και ποιοτικών παραμέτρων των υδατικών πόρων στα υδατικά διαμερίσματα της χώρας.* Υπουργείο Ανάπτυξης

Ταμπουρατζή, Λ. (2015). *Προσδιορισμός πράσινου υδατικού αποτυπώματος με χρήση μετεωρολογικών και δορυφορικών δεδομένων.* Διπλωματική Εργασία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

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

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

Τσουνή, Α. (2003). *Διερεύνηση της συμβολής της τηλεπισκόπησης στην εκτίμηση της εξατμοδιαπνοής - Εφαρμογή στον Ελλαδικό χώρο,* Μεταπτυχιακή εργασία, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων. Εθνικό Μετσόβιο, σ. 21.

ΦΕΚ 87Α/7-6-2010. Ν. 3852/ 2010: *Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης - Πρόγραμμα Καλλικράτης.* ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

ΦΕΚ 166/Α/22-9-2010. Ν.3882/2010 *περί της «Εθνικής Υποδομής Γεωχωρικών Πληροφοριών & της Εναρμόνισης με την Οδηγία 2007/2/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 14ης Μαρτίου 2007».* ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

Χαρχούση, Δ. (2012). *Συγκριτική αξιολόγηση μεθοδολογιών υπολογισμού υδατικού αποτυπώματος Εφαρμογή στον Κάμπο Χανίων.* Μεταπτυχιακή Εργασία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

ii. 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. (2004). *Water footprints of nations Volume 1: Main Report*, UNESCO-IHE, Institute for Water Education
- Chapagain, A. & Hoekstra, A. (2007). *Water Footprints of Nations. Value of Water*, Research Report Series No.16. UNESCO-IHE. Delft. The Netherlands
- Charchousi, D., Tsoukala, V.K. and Papadopoulou, M.P. (2014). *How evapotranspiration process may affect the estimation of water footprint indicator in agriculture?* Desalination and Water Treatment, 53: 3234 -3243.
- Doorenbos, J. & Pruitt, W.O. (1977). *Guidelines for predicting crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper (FAO), no.24, pp.175
- Dota, Anthoula & Theodossiou, Nicolaos. (2015). *Estimation of water footprint's dimensions in the agricultural sector. Application in the R.U. of Karditsa*. Conference Paper. 9th national conference of the society of Agricultural Engineers of Greece
- Draper, N. & Smith, H. (1981). *Applied Regression Analysis*. Εκδ. Wiley, pp. 835
- 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
- Hansen M.C., Loveland R.T., (2012), *A review of large area monitoring of land cover change using Landsat data*, Remote Sensing of Environment 122, 66-74
- Hargreaves, G. H. (1974). *Estimation of Potential and Crop Evapotranspiration*. Trans. ASAE 17, pp. 701 -704

Hoekstra, A.Y., (2002). *Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*, Delft, The Netherlands, 12-13 December 2002, Value of Water Research Report Series No.12, UNESCO-IHE, Delft.

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., Mekonnen, M.M., (2011). *The Water Footprint Assessment Manual-Setting the Global Standard*. Earthscan, London, Water Footprint Network, pp. 203

Jarvis A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara, (2008), *Hole-filled seamless SRTM data V4*, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), available from <http://srtm.csi.cgiar.org>.

Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2010). *The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products*, Value of Water Research Report Series No. 47, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. (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.

Papadopoulou, Maria & Charchousi, Despoina & Tsoukala, Vasiliki & Giannakopoulos, Christos & Petrakis, M. (2015). Water footprint assessment considering climate change effects on future agricultural production in Mediterranean region. *Desalination and Water Treatment*. 57. 1-11. 10.1080/19443994.2015.1049408.

Romaguera M., Hoekstra A.Y., Su Z., Krol M.S., Salama M.S., (2010). *Potential of Using Remote Sensing techniques for Global Assessment of Water Footprint of Crops*, *Remote Sensing* 1177-1196

Shrestha, Sangam & Pandey, Vishnu & Chanamai, Chawalit & Ghosh, Debapi. (2013). *Green, Blue and Grey Water Footprints of Primary Crops Production in Nepal*. *Water Resources Management*. 27. 10.1007/s11269-013-0464-3

U.S. Department of Agriculture (USDA-SCS) (1973). *A Method for Estimating Volume and Rate of runoff in Small Watersheds*

U.S. Department of Agriculture (USDA-SCS) (1980). *Design and Operation of Farm Systems ASAE*. pp.580.

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

iii. Διαδικτυακές Πηγές

Αποκεντρωμένη Διοίκηση Κρήτης (ΑΠΔ), 2018

Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, 2018

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2018

Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΛΣΤΑΤ), 2018

Πυροσκόπιο, 2018

Υπουργείο Διοικητικής Ανασυγκρότησης - Εθνικό Κέντρο Δημόσιας Διοίκησης και Αυτοδιοίκησης - Μονάδα Τεκμηρίωσης και Καινοτομιών, 2018

Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας (Υ.ΠΕ.ΚΑ.), 2018

Consultative Group on International Agricultural Research - Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI), 2018

Copernicus – Europe’s eyes on Earth, Land Monitoring Service, 2018

FAO - AQUASTAT, 2018

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2018

How IDW works, ArcMap, 2018

physicsgg - Φυσικοί και Φυσική από το διαδίκτυο, 2018

UNITED NATIONS Office of Outer Space Affairs, 2018

U.S. Department of Agriculture – Soil Conservation Service, 2018

water footprint network, 2018

Wikipedia, 2018

WORLD RESOURCES INSTITUTE, 2018

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 2.1 - Κατανομή του νερού στη γη, Ιδία επεξεργασία.....	6
Διάγραμμα 2.2 - Αποθεματικό Νερό στη Γη, Ιδία επεξεργασία.....	7
Διάγραμμα 2.3 - Καταμερισμός Κατακρημνίσεων, Ιδία επεξεργασία.....	8
Διάγραμμα 2.4 - Ποσοστιαία σύνθεση του ΥΑ της Ελλάδας, Ιδία επεξεργασία	16
Διάγραμμα 3.1 – Ποσοστά Κατανομής Εδάφους, Ιδία επεξεργασία	20
Διάγραμμα 3.2 - Χρήσεις Γης Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης, Ιδία επεξεργασία	29
Διάγραμμα 3.3 - Κατανομή Κατακρημνισμάτων Κρήτης, Ιδία επεξεργασία	30
Διάγραμμα 3.4 – Ζήτηση Άρδευσης, Ιδία επεξεργασία.....	32
Διάγραμμα 3.5 – Αποδόσεις Καλλιεργειών για όλες τις χρονιές στο ΥΔ13 – Κρήτη.....	54
Διάγραμμα 4.1 – Διάγραμμα Ροής Εργασιών	58
Διάγραμμα 5.1 – Τάσεις του ετήσιου ΥΑ _{πρ} για κάθε ΛΑΠ ανά χρήση γης (2000).....	68
Διάγραμμα 5.2 - Τάσεις του ετήσιου ΥΑ _{πρ} για κάθε ΛΑΠ ανά χρήση γης (2006)	71
Διάγραμμα 5.3 - Τάσεις του ετήσιου ΥΑ _{πρ} για κάθε ΛΑΠ ανά χρήση γης (2012)	73
Διάγραμμα 5.4 – Η τάση του ΥΑ _{πρ} διαχρονικά μεταξύ των ΛΑΠ	73
Διάγραμμα 5.5 – Κατανομή ΥΑ _{πρ} στην ΛΑΠ72 όπου λαμβάνει τη μέγιστη τιμή διαχρονικά.....	73
Διάγραμμα 5.6 - Κατανομή ΥΑ _{πρ} στην ΛΑΠ36 όπου λαμβάνει τη ελάχιστη τιμή διαχρονικά.....	74
Διάγραμμα 5.7 - Σύγκριση ΥΑ _{πρ} Ιαν-Αυγ 2012.....	84
Διάγραμμα 5.8 - Σύγκριση U _{πρ} Ιαν-Αυγ 2012	84
Διάγραμμα 5.9 - Σύγκριση Peff Ιαν-Αυγ 2012	85
Διάγραμμα 5.10 - Σύγκριση ET _p Ιαν-Αυγ 2012	85

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1 – Φυσική και Οικονομική Υδατική Έλλειψη, Ιδία επεξεργασία.....	7
Εικόνα 2.2 - Διάγραμμα ροής των σταδίων ενός συστήματος διαχείρισης υδατικών πόρων, Ιδία επεξεργασία.....	9
Εικόνα 2.3 - Υδατικά Διαμερίσματα Ελλάδας	10
Εικόνα 2.4 - Συνιστώσες Υδατικού Αποτυπώματος	12
Εικόνα 2.5 - Υδρολογικός Κύκλος.....	13
Εικόνα 2.6 - Μέσο εθνικό ΥΑ ανά κάτοικο	14
Εικόνα 2.7 - Πράσινη συνιστώσα ΥΑ για καλλιέργειες σιταριού (1996-2005).....	15
Εικόνα 2.8 - Πράσινη συνιστώσα ΥΑ για ελαιώνες (1996-2005).....	15
Εικόνα 2.9 - Πράσινη συνιστώσα ΥΑ για την περίοδο 1996-2005 σε συσχέτιση με την κατανάλωση.....	16
Εικόνα 2.10 - Συνολικό ΥΑ _{πρ} σε σχέση με την παραγωγή.....	16
Εικόνα 2.11 - Συνολικό ΥΑ _{πρ} σε σχέση με την γεωργική παραγωγή.....	16
Εικόνα 3.1 – Περιοχή Μελέτης	19
Εικόνα 3.2 – Ανάγλυφο Περιοχής Μελέτης	21
Εικόνα 3.3 – Γεωλογία Κρήτης, Ιδία επεξεργασία.....	22
Εικόνα 3.4 – Κύριες Λεκάνες Απορροής Κρήτης.....	24
Εικόνα 3.5 – Δευτερεύουσες Λεκάνες Απορροής Κρήτης.....	24
Εικόνα 3.6 – Περιοχές Natura 2000 Κρήτης.....	26
Εικόνα 3.7 - Περιφερειακές Ενότητες Κρήτης.....	28
Εικόνα 3.8 - Καλλικρατικοί Δήμοι Κρήτης.....	29
Εικόνα 3.9 – CORINE Land Cover 2000, Ιδία επεξεργασία.....	41
Εικόνα 3.10- CORINE Land Cover 2006, Ιδία επεξεργασία	41
Εικόνα 3.11 - CORINE Land Cover 2012, Ιδία επεξεργασία.....	42
Εικόνα 3.12 – Ελληνική ονοματολογία CORINE Land Cover	43
Εικόνα 3.13 - Η παράμετρος p συναρτήσει η του γεωγραφικού πλάτους και του χρόνου - μέσο ημερήσιο ποσοστό συνολικής ετήσιας διάρκειας των ωρών ημέρας (p).....	45
Εικόνα 3.14 - Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους - SRTM 4.1.....	46
Εικόνα 3.15 - Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους - SRTM 4.1 για την Κρήτη, Ιδία επεξεργασία	46
Εικόνα 3.16 – Σημεία SRTM, Ιδία επεξεργασία.....	47
Εικόνα 3.17 - Δημιουργία μωσαϊκού εικόνων ET _p (Μάιος 2000).....	55
Εικόνα 3.18 - Δημιουργία μωσαϊκού εικόνων ET (Μάιος 2000)	55
Εικόνα 3.19 - ET (Μάιος 2000)	55

Εικόνα 3.20 – Κc (Μάιος 2000)	56
Εικόνα 4.1 – Γειτνίαση με βάση την IDW για επιλεγμένο σημείο	60
Εικόνα 4.2 – Απόσπασμα Αλγορίθμου (1)	60
Εικόνα 4.3 – Απόσπασμα Αλγορίθμου (2)	61
Εικόνα 4.4 – Απόσπασμα Αλγορίθμου (3)	61
Εικόνα 4.5 – Απόσπασμα Αλγορίθμου (4)	62
Εικόνα 4.6 – Απόσπασμα Αλγορίθμου (5)	63
Εικόνα 4.7 – Απόσπασμα Αλγορίθμου (6)	63
Εικόνα 5.1 – Συνολικό ετήσιο ΥΑ _{πρ} ανά ΛΑΠ (2000)	66
Εικόνα 5.2 - Συνολικό ετήσιο ΥΑ _{πρ} γεωργικών εκτάσεων ανά ΛΑΠ (2000)	67
Εικόνα 5.3 - Συνολικό ετήσιο ΥΑ _{πρ} δασικών εκτάσεων ανά ΛΑΠ (2000)	67
Εικόνα 5.4 - Συνολικό ετήσιο ΥΑ _{πρ} βοσκοτόπων ανά ΛΑΠ (2000)	67
Εικόνα 5.5 – Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου ΥΑ _{πρ} ανά ΛΑΠ (2000)	67
Εικόνα 5.6 – Απόσπασμα CORINE Land Cover (2000)	67
Εικόνα 5.7 – Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου ΥΑ _{πρ} γεωργικών εκτάσεων (2000)	67
Εικόνα 5.8 - Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου ΥΑ _{πρ} δασικών εκτάσεων (2000)	67
Εικόνα 5.9 - Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου ΥΑ _{πρ} βοσκοτόπων (2000)	67
Εικόνα 5.10 - Συνολικό ετήσιο ΥΑ _{πρ} ανά ΛΑΠ (2006)	69
Εικόνα 5.11 - Συνολικό ετήσιο ΥΑ _{πρ} γεωργικών εκτάσεων ανά ΛΑΠ (2006)	69
Εικόνα 5.12 - Συνολικό ετήσιο ΥΑ _{πρ} δασικών εκτάσεων ανά ΛΑΠ (2006)	70
Εικόνα 5.13 - Συνολικό ετήσιο ΥΑ _{πρ} βοσκοτόπων ανά ΛΑΠ (2006)	70
Εικόνα 5.14 - Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου ΥΑ _{πρ} ανά ΛΑΠ (2006)	70
Εικόνα 5.15 - Απόσπασμα CORINE Land Cover (2006)	70
Εικόνα 5.16 - Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου ΥΑ _{πρ} γεωργικών εκτάσεων (2006)	70
Εικόνα 5.17 - Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου ΥΑ _{πρ} δασικών εκτάσεων (2006)	70
Εικόνα 5.18 - Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου ΥΑ _{πρ} βοσκοτόπων (2006)	70
Εικόνα 5.19 – Συνολικό ετήσιο ΥΑ _{πρ} ανά ΛΑΠ (2012)	71
Εικόνα 5.20 - Συνολικό ετήσιο ΥΑ _{πρ} γεωργικών εκτάσεων ανά ΛΑΠ (2012)	72
Εικόνα 5.21 - Συνολικό ετήσιο ΥΑ _{πρ} δασικών εκτάσεων ανά ΛΑΠ (2012)	72
Εικόνα 5.22 - Συνολικό ετήσιο ΥΑ _{πρ} βοσκοτόπων ανά ΛΑΠ (2012)	72
Εικόνα 5.23 - Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου ΥΑ _{πρ} ανά ΛΑΠ (2012)	72
Εικόνα 5.24 - Απόσπασμα CORINE Land Cover (2012)	72
Εικόνα 5.25 - Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου ΥΑ _{πρ} γεωργικών εκτάσεων (2012)	72
Εικόνα 5.26 - Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου ΥΑ _{πρ} δασικών εκτάσεων (2012)	72

Εικόνα 5.27 - Απόσπασμα Συνολικού ετήσιου ΥΑ _{πρ} βοσκοτόπων (2012)	72
Εικόνα 5.28 – Μεταβολή χερσονήσου Ροδοπού 2000-2006	75
Εικόνα 5.29 – Απόσπασμα δορυφορικής εικόνας Google Earth.....	75
Εικόνα 5.30 – Μεταβολή χρήσεων γης CORINE Land Cover 2006-2000.....	74
Εικόνα 5.31 - Μεταβολή χρήσεων γης CORINE Land Cover 2012-2006	74
Εικόνα 5.32 - Μεταβολή χρήσεων γης CORINE Land Cover 2012-2000	74
Εικόνα 5.33 – Συνολική ετήσια δυνητική εξατμισοδιαπνοή ανά ΛΑΠ για το έτος 2000.....	75
Εικόνα 5.34 - Συνολική ετήσια δυνητική εξατμισοδιαπνοή ανά ΛΑΠ για το έτος 2006	75
Εικόνα 5.35 - Συνολική ετήσια δυνητική εξατμισοδιαπνοή ανά ΛΑΠ για το έτος 2012	76
Εικόνα 5.36 - Μεταβολή της συνολικής ετήσιας δυνητικής εξατμισοδιαπνοής σε επίπεδο ΛΑΠ για τα έτη 2006-2000.....	76
Εικόνα 5.37 - Μεταβολή της συνολικής ετήσιας δυνητικής εξατμισοδιαπνοής σε επίπεδο ΛΑΠ για τα έτη 2012-2006.....	77
Εικόνα 5.38 - Μεταβολή της συνολικής ετήσιας δυνητικής εξατμισοδιαπνοής σε επίπεδο ΛΑΠ για τα έτη 2012-2000.....	77
Εικόνα 5.39 – Κατανομή ετήσιας ωφέλιμης βροχόπτωσης 2000	78
Εικόνα 5.40 - Κατανομή ετήσιας ωφέλιμης βροχόπτωσης 2006	79
Εικόνα 5.41 - Κατανομή ετήσιας ωφέλιμης βροχόπτωσης 2012	79
Εικόνα 5.42 - Μεταβολή της συνολικής ετήσιας ωφέλιμης βροχόπτωσης σε επίπεδο ΛΑΠ για τα έτη 2006-2000	80
Εικόνα 5.43 - Μεταβολή της συνολικής ετήσιας ωφέλιμης βροχόπτωσης σε επίπεδο ΛΑΠ για τα έτη 2012-2006	80
Εικόνα 5.44 - Μεταβολή της συνολικής ετήσιας ωφέλιμης βροχόπτωσης σε επίπεδο ΛΑΠ για τα έτη 2012-2000	81
Εικόνα 5.45 – Μεταβολή του συνολικού ετήσιου ΥΑ _{πρ} σε επίπεδο ΛΑΠ για τα έτη 2006-2000	82
Εικόνα 5.46 - Μεταβολή του συνολικού ετήσιου ΥΑ _{πρ} σε επίπεδο ΛΑΠ για τα έτη 2012-2006.	83
Εικόνα 5.47 - Μεταβολή του συνολικού ετήσιου ΥΑ _{πρ} σε επίπεδο ΛΑΠ για τα έτη 2012-2000.	83

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1 - Καλλικρατικοί Δήμοι (Ν. 3852/ 2010 «Πρόγραμμα Καλλικράτης») ανά ΛΑΠ	28
Πίνακας 3.2 – Διαχρονική κατάσταση καλλιεργειών στην Ελλάδα (1000ha)	31
Πίνακας 3.3 - Χρήσεις καλλιεργειών (γεωργικών περιοχών) του CORINE Land Cover	42
Πίνακας 3.4 – Σταθεροί συντελεστές για τον υπολογισμό του WF_{gr} στην Κρήτη	45
Πίνακας 3.5 – Συντελεστές Διόρθωσης για το έτος 2000	48
Πίνακας 3.6 – Συντελεστές Διόρθωσης για το έτος 2006	48
Πίνακας 3.7 – Συντελεστές Διόρθωσης για το έτος 2012	48
Πίνακας 3.8– Κωδικοί και λεκτικά στηλών ερωτηματολογίου της ετήσιας γεωργικής έρευνας	49
Πίνακας 3.9 – Ανάλυση κατηγοριών γεωργικών εκτάσεων CORINE Land Cover	52
Πίνακας 3.10 - Αντιστοίχιση κατηγοριών ΕΛ.ΣΤΑΤ. με CORINE Land Cover	53
Πίνακας 3.11 - Ετήσιες Αποδόσεις ανά κατηγορία CORINE Land Cover	54
Πίνακας 5.1 – Χρωματικός Κώδικας, Ιδία επεξεργασία	65
Πίνακας 5.2 – Ετήσιες μεταβολές χρήσεων γης στην ΠΕ Λασιθίου (66ΛΑΠ).....	74

ΠΑΡΑΤΗΜΑ Α

```

import arcpy #eisagwgi aparaititwn vivliothikon
import time
import calendar
from arcpy import env
from arcpy.sa import *
arcpy.CheckOutExtension("Spatial") #elegxos gia ArcGIS Spatial Analyst extension license
#orismos extent environment
arcpy.env.extent = arcpy.Extent(417900, 3822900, 729100, 3983100)

#orismos geovasis
arcpy.env.workspace = r"C:\Users\User\Documents\SATM\ME\GIS\scripts\WFgreen_1.gdb"

start_time = time.time()

valtypes = ["Temp", "Hum", "Rain"] #pinakas pou xrisimopoietai stin onomatodosia
metavlitwn/pinakwn
months = range(1,13) #euros timwn gia tous mines
years = ["00", "06", "12"] #euros timwn gia ta eti
lc_codes =
[211,212,213,221,222,223,231,241,242,243,244,311,312,313,321,322,323,324,331,332,333,3
34,335]
prj = arcpy.SpatialReference("Greek Grid") #orismos sistimatos anaforas

for year in years:
    arcpy.AddWarning("---> Dimiourgia arxeiwn parametrwn gia to etos 20" + year)
    param_cursor = arcpy.SearchCursor("Param20"+year) #anoigma arxeiou grammikwn
    syntelestwn sysxetisis klimatikwn dedomenwn me to ypsometro

    arcpy.AddError(" > Diagrafi proswrinwn arxeiwn")
    #Diagrafi proswrinwn arxeiwn meteorologikwn stathmw an yparxoun
    arcpy.Delete_management("Temp_lr_20"+year)
    arcpy.Delete_management("Hum_lr_20"+year)
    arcpy.Delete_management("Rain_lr_20"+year)

    #Diagrafi proswrinwn arxeiwn IDW - Corine (raster) an yparxoun
    arcpy.Delete_management("A" + year + "00")
    arcpy.Delete_management("A" + year + "01")
    arcpy.Delete_management("A" + year + "02")
    arcpy.Delete_management("A" + year + "03")
    arcpy.Delete_management("A" + year + "04")
    arcpy.Delete_management("Corine20"+year+"raster")

    arcpy.AddMessage(" > Diavasma Corine & Metatropi se raster")
    #metatropi tou Corine (Corine20**raster)
    outraster = arcpy.PolygonToRaster_conversion("Corine20"+year, "CODE",
    "Corine20"+year+"raster", "CELL_CENTER", "", 200)
    #dimiourgia proswrinou arxeiou (A00**) me apodosi sta simeia tou DEM_XYZ tw
    timwn tou Corine
    corine_name = "A"+year + "00"
    ExtractValuesToPoints("DEM_XYZ", outraster, corine_name)

```

```
#metonomasia pediou pou onomazetai automata apo to ExtractValuesToPoints se LC (LandCover)
```

```
arcpy.AlterField_management(corine_name,"RASTERVALU", "LC", "LC")
```

```
#dimiourgia proswrinwn arxeiwn tw n klimatikwn dedomenwn (LR) wste na min metavlithoun ta arxika
```

```
arcpy.AddMessage(" > Dimiourgia proswrinwn arxeiwn meteorologikwn stathmwn")
```

```
arcpy.Copy_management("temp20"+year, "Temp_lr_20"+year)
```

```
arcpy.Copy_management("hum20"+year, "Hum_lr_20"+year)
```

```
arcpy.Copy_management("rain20"+year, "Rain_lr_20"+year)
```

```
ap_file = "Y"+"20"+year #lektiko arxeiou apodosewn kalliergeiwn
```

```
ap_cursor = arcpy.SearchCursor(ap_file) #anoigma arxeiou apodosewn
```

```
ap_row = ap_cursor.next()#prospelasi grammwn arxeiou
```

```
ss_file = "statheroi_syntelestes" #lektiko arxeiou statherwn syntelestwn
```

```
ss_cursor = arcpy.SearchCursor(ss_file) #anoigma arxeiou statherwn syntelestwn
```

```
for month in months:
```

```
    elapsed_time = time.time() - start_time
```

```
    arcpy.AddError(elapsed_time)
```

```
    month_str = "{:0>2d}".format(int(month)) #dimiourgia lektikou kathe mina
```

```
    wste na exei ti morfi 01,02...,10,11,12
```

```
    arcpy.AddWarning("-----> Ypologismoi gia ton mina " + month_str)
```

```
    arcpy.Delete_management ("All_Vars_" + year + month_str)
```

```
    param_row = param_cursor.next()#eisodos sti prwti grammi tou arxeiou
```

```
    grammikwn syntelestwn sysxetisis klimatikwn dedomenwn me to ypsometro
```

```
    srtm_counter = 0 #eisagwgi metriti pou voitha stin parakatw epanaliptiki
```

```
    diadikasia
```

```
    ss_row = ss_cursor.next() #prospelasi grammwn arxeiou statherwn
```

```
    syntelestwn
```

```
    md = calendar.monthrange(2000+int(year),month)[1] #synartisi ypologismo
```

```
    tou arithmou ton imerwn kathe mina kathe xronias
```

```
    month_str = "{:0>2d}".format(int(month)) #dimiourgia lektikou kathe mina
```

```
    wste na exei ti morfi 01,02...,10,11,12
```

```
    MF = ss_row.getValue("MF") #apodosi syntelesti MF
```

```
    p = ss_row.getValue("p") #apodosi syntelesti p
```

```
for vt in valtypes: #Temp, Hum, Rain
```

```
    elapsed_time = time.time() - start_time
```

```
    arcpy.AddError(elapsed_time)
```

```
    arcpy.AddWarning(" > Ypologismos " + vt)
```

```

fname = vt+"_lr_20"+year #lektiko onomatatos proswrinou arxeiou
klimatikwn dedomenwn
lr = "F"+str(month)+"_sea" #lektiko onomatatos neou pediou sto pinaka
vt20** tis morfis "F**_sea"
param = param_row.getValue(vt) #diavasma prwtis grammis tou
arxeiou grammikwn syntelestwn sysxetisis klimatikwn dedomenwn me
to ypsometro
arcpy.AddField_management(fname, lr, "DOUBLE") #dimiourgia neou
pediou ston pinaka vt20**, me onoma lr, typoy double
calc = "(["+str(month)+"]-"+str(param)+"*[H]/1000)" #lektiko
ypologismou LR, provoli klimatikwn dedomenwn se mideniko
upsometro

arcpy.AddMessage(" > Ypologismos LR gia tin anagogi twv
klimatikwn dedomenwn sto epipedo tis thalassas (z=0)")
arcpy.CalculateField_management(fname, lr, calc) #ypologismos LR
kai apodosi tis timis sto antistoixo keli

arcpy.Delete_management(lr+".shp") #diagrafi arxeiou lr.shp pou
dimiourgeitai stin prosorini mnimi tou arcgis an yparxei

s = arcpy.MakeXYEventLayer_management(fname, "X", "Y", lr+".shp",
prj, "H") #dimiourgia prosorinou arxeiou lr.shp (table to xy)

#IDW - orismos parametrwn
arcpy.AddMessage(" > IDW")
searchRadius = RadiusVariable(40)
outIDW = Idw(s, lr, 200, 1.3, searchRadius) #ektelesi IDW (spatial
analyst)

#ExtractValuesToPoints gia tin apodosi timwn apo to IDW se kathe
simeio pou exei eksaxthei apto SRTM (create.tif)
arcpy.AddMessage(" > ExtractValuesToPoints")

srtm_base = "A"+year + "{:0>2d}".format(int(srtm_counter)) #lektiko
onomatatos proswrinou arxeiou (base)
srtm_name = "A"+year + "{:0>2d}".format(int(srtm_counter + 1))
#lektiko onomatatos proswrinou arxeiou

#diagrafi arxeiou srtm_name an yparxei
arcpy.Delete_management (srtm_name)

ExtractValuesToPoints(srtm_base, outIDW, srtm_name)

arcpy.AddMessage(" > Ypologismos ILR gia tin anagogi twv
klimatikwn dedomenwn sto pragmatiko tous ypsometro")
calc = "([RASTERVALU]+" +str(param)+"*[Field3]/1000)" #lektiko
ypologismou ILR
ilr = vt+ "calc" #lektiko onomatatos neou pediou sto proswrino arxeio tis
morfis vtcalc

```

```

arcpy.AddField_management(srtm_name, ilr, "DOUBLE") #dimiourgia
neou pediou ston proswrino pinaka A00**, me onoma ilr, typoy
double
arcpy.CalculateField_management(srtm_name, ilr, calc) #ypologismos
ILR kai apodosi tis timis sto antistoixo keli

arcpy.Delete_management(lr+"shp") #diagradi arxeiou lr.shp pou
dimiourgeitai stin prosorini mnimi tou arcgis an yparxei

#sto pedio RASTERVALU exei apodothei se ayto to simeio i timi tou LR
apo tin IDW
#i timi ayti den xrisimopoietai kapou, sunepws diagrafetai to pedio
arcpy.DeleteField_management (srtm_name, "RASTERVALU")

#auksisi metriti kata 1
srtm_counter = srtm_counter + 1

#se ayto to simeio exei dimiourgithei o proswrinος pinakas A+year+03
#o opoios periechi ta pedia X,Y,Z,LC,Tempcalc,Humcalc,Raincalc
#to epomeno pedio pou prepei na prostethei einai o syntelestis kc
elapsed_time = time.time() - start_time
arcpy.AddError(elapsed_time)

t = "kc"+year+month_str #lektiko onomatos arxeio kc tis morfis kc****
arcpy.Delete_management("p_"+t) #diagradi arxeiou "p_"+t an yparxei

#epeidi xrisimopoiountai ta tiff pou exoun prokypsei apo ti metatropi twn
MODIS dedomenwn (HDF)
#arxika prepei na oristei to systima anaforas tous

arcpy.AddWarning(" > Eisagwgi timwn Kc")

arcpy.ProjectRaster_management(t, "p_"+t, corine_name, "NEAREST", "200",
"GGRS_1987_To_WGS_1984")

srtm_base = srtm_name #lektiko onomatos proswrinou arxeiou (base) tis
morfis A+year+03
srtm_name = "A"+year + "{:0>2d}".format(int(srtm_counter+1)) #lektiko
onomatos proswrinou arxeiou tis morfis A+year+04 => Kc
arcpy.AddMessage(" > ExtractValuesToPoints")
ExtractValuesToPoints(srtm_base, "p_"+t, srtm_name)

#metonomasia pediou pou onomazetai automata apo to
ExtractValuesToPoints se kc
arcpy.AlterField_management(srtm_name,"RASTERVALU", "kc", "kc")

#Metonomasia proswrinou pinaka A+year+04 se All_Vars_(yy)(mm)")
arcpy.Rename_management (srtm_name, "All_Vars_" + year + month_str)

#ELEGXOI GIA TIN SXETIKI YGRASIA (RH) KAI TI VROXOPTWSI (Rain)
#1.oi times aytes den exei noima na einai arnitikes (katastasi ksirasias)

```

```

#2.i sxetiki ygrasia den mporei na einai arnitiki, alla oute katw apo mia timi
#dedomenou oti apotelei minaia timi kai afora sto klima tis Kritis
#3.oi arnitikes times se aytes tis dyo metavlites prokypotoyn giati
#i sysxetisi tous me to ypsometro (kai ara oi syntelestes diorthwsis)
#ginetai me ti methodo elaxistwn tetragwnwn, synepws prokypetei mia eytheia
#panw kai katw aptin opoia omws yparxoun times, oi opoies den exoun fysiko
noima

```

```
DEM_name = "All_Vars_" + year + month_str
```

```
expression_rain = "getClass(float(!Raincalc!))"
```

```
codeblock_rain = """def getClass(rain):
```

```
    if rain <= 0:
```

```
        return 0
```

```
    else:
```

```
        return rain"""
```

```

#megisto kai elaxisto apodekto pososto sxetikis ygrasias vasei dedomenwn
meswn minaiwn sxetikwn timwn ygrasias

```

```
expression_hum = "getClass(float(!Humcalc!))"
```

```
codeblock_hum = """def getClass(rh):
```

```
    if rh <= 30:
```

```
        return 30
```

```
    if rh > 95:
```

```
        return 95
```

```
    else:
```

```
        return rh"""
```

```
arcpy.CalculateField_management(DEM_name, "Raincalc", expression_rain,
"PYTHON_9.3", codeblock_rain)
```

```
arcpy.CalculateField_management(DEM_name, "Humcalc", expression_hum,
"PYTHON_9.3", codeblock_hum)
```

```
arcpy.AddError("> Diagafi proswrinwn arxeiwn")
```

```
arcpy.Delete_management("p_" + t)
```

```
arcpy.Delete_management("HumSRTM" + year + month_str)
```

```
arcpy.Delete_management("TempSRTM" + year + month_str)
```

```
arcpy.Delete_management("RainSRTM" + year + month_str)
```

```
arcpy.Delete_management("A" + year + "01")
```

```
arcpy.Delete_management("A" + year + "02")
```

```
arcpy.Delete_management("A" + year + "03")
```

```
arcpy.Delete_management("A" + year + "04")
```

```
#se ayto to simeio exoun dimiourgithe i oloi oi pinakes All_Vars_(yy)(mm)
```

```
#oi opoioi periexoun tin anagwgi tw n metrisewn tw n metewrologikwn
```

```
stathmw n
```

```
#se epipedo simeiou DEM_XYZ
```

```
arcpy.AddMessage("")
```



```

elapsed_time = time.time() - start_time
arcpy.AddError(elapsed_time)
arcpy.AddMessage("Υπολογισμός ET για κάθε σημείο")

#αρχικά υπολογίζονται τα στατιστικά που χρειάζονται (μέσος ορός temp, μέσος
ορός hum, sum raincalc
#από τις στρώσεις του αρχείου All_Vars_** και δημιουργείται ένα αρχείο
statsAll_Vars**

DEM_name = "All_Vars_" + year + month_str

arcpy.AddField_management(DEM_name, "ET", "DOUBLE") #δημιουργία field
στον πίνακα lap, με όνομα ET, double

c = arcpy.UpdateCursor (DEM_name)

arcpy.AddWarning("----> Υπολογισμός ET"+year+month_str)

for wfrow in c:

    #απόδοσι των τιμών των δεδομένων σε μεταβλητές
    Temp = wfrow.getValue("Tempcalc")
    RH = wfrow.getValue("Humcalc")
    LC = int(wfrow.getValue("LC"))
    Kc = wfrow.getValue("Kc")

    #ΕΛΕΓΧΟΙ ΠΡΙΝ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ WF
    #1.syntelestis Kc
    #1a.prepei na lamvanei times apo 0-1
    #1b.oi ypoloipes times prokypotoyn apo ti diaresi twn tiff (ET/PET) tou
MODIS,
    #se perioxes pou den yparxoun dedomena i pou den mporei na ginei i
dialresi (RasterCalculator[QGIS])
    #2.LC, apokleismos timwn -9999, oi opoies prokypotoyn apo eleipsi
dedomenwn LC sta simeia ayta
    #ayto proekypse apo ti mi simptwsi twn dedomenwn Corine me to
DEM_XYZ (kyriws nisides periferiaka tis Kritis)
    #3.apokleismos twn timwn tou Corine pou aforoun se:
    1.TexnitesEpifaneies, 4.Ygrotopous, 5. YdatinesEpifaneies
    #kathws gia aytes tis kalipseis gis den exei noima o ypologismos
WFgreen

    if Kc>0 and Kc<1 and LC != -9999 and int(LC/100)!= 1 and int(LC/100)!=
4 and int(LC/100)!= 5:

        #U_pastures
        if LC == 321:
            #Blaney - Criddle
            fET = p *(32+(1.8*Temp))/3.94 #opou fET (mm/d) o
            klimatikos paragontas pou prokypetei
            #Apo ti thermokrasia (Temp_oC) kai to meso imerisio

```

```

#pososto synolikis ethsias diarkeias ton oron imeras
#to opoio sxetizetai me to mina kai to geografiko
#platos

ET = Kc * fET
#opou ET, i dinitiki eksatmisodiapnoi (mm/d)
#Kc, o syntelestis kalliergeias o opoios
#prokypetei apo ti diaresi ET/PET (MODIS)

ET = ET *md      #anagwgi ET/month (mm/month)

#U_forest
elif int(LC/100)== 3:
    #Hargreaves
    if RH <= 64:
        CH = 1.0
    else:
        CH = (0.166*((100.0-RH)**(0.5)))
    ET = MF*((18*Temp)+32)* CH

#U_crops
elif int(LC/100)== 2:
    #Blaney - Criddle
    fET = p *(32+(1.8*Temp))/3.94
    ET = Kc * fET
    ET = ET *md

wfrow.setValue ("ET", ET) #eisagwgi timis sto pedio ET
c.updateRow (wfrow)
#####
arcpy.AddWarning("----> Anagwgi se epipedo lekanis aporrois")

boundary = "lekanes_aporrohs_3" #ypolekanes

lap = "LAP"+year+month_str #lektiko onomatos arxeiou LAP_calc****

arcpy.Delete_management(lap)
arcpy.CopyFeatures_management(boundary, lap) #dimiourgia adigrafou tou
shp oriwn wste na min metavalontai ta arxika dedomena
for lc in lc_codes:
    arcpy.AddField_management(lap, "ET"+str(lc), "DOUBLE") #dimiourgia
    field ston pinaka lap, me onoma ETlc, double
    arcpy.AddField_management(lap, "Rain"+str(lc), "DOUBLE")
    #dimiourgia field ston pinaka lap, me onoma Rainlc, double
    arcpy.AddField_management(lap, "Points"+str(lc), "DOUBLE")
    #dimiourgia field ston pinaka lap, me onoma Pointslc, double

arcpy.AddField_management(lap, "ET_Sum", "DOUBLE") #dimiourgia field ston
pinaka lap, me onoma ET_Sum, double
arcpy.AddField_management(lap, "Rain_Sum", "DOUBLE") #dimiourgia field
ston pinaka lap, me onoma Rain_Sum, double

```

```

arcpy.AddField_management(lap, "Points_Sum", "DOUBLE") #dimiourgia field
ston pinaka lap, me onoma Points_Sum, double
arcpy.AddField_management(lap, "ET_Lap", "DOUBLE") #dimiourgia field ston
pinaka lap, me onoma ET_Lap, double
arcpy.AddField_management(lap, "Rain_Lap", "DOUBLE") #dimiourgia field
ston pinaka lap, me onoma Rain_Lap, double
arcpy.AddField_management(lap, "Peff_Lap", "DOUBLE") #dimiourgia field
ston pinaka lap, me onoma Peff_Lap, double
arcpy.AddField_management(lap, "U_Lap", "DOUBLE") #dimiourgia field ston
pinaka lap, me onoma U_Lap, double

for lc in lc_codes: #dimiourgia field ston pinaka lap, me onoma WFlc, double
    arcpy.AddField_management(lap, "WF"+str(lc), "DOUBLE")

        if int(lc/100) == 2:
            arcpy.AddField_management(lap, "WFY"+str(lc), "DOUBLE")
                #dimiourgia field ston pinaka lap, me onoma WFYlc, double
                (se periptwsi crops)

arcpy.AddField_management(lap, "WF200", "DOUBLE") #dimiourgia field ston
pinaka lap, me onoma WF200, double
arcpy.AddField_management(lap, "WFY200", "DOUBLE") #dimiourgia field
ston pinaka lap, me onoma WFY200, double
arcpy.AddField_management(lap, "WF300", "DOUBLE") #dimiourgia field ston
pinaka lap, me onoma WF300, double
arcpy.AddField_management(lap, "WF_Lap", "DOUBLE") #dimiourgia field ston
pinaka lap, me onoma WF_Lap, double

c = arcpy.UpdateCursor (lap)

for lap_row in c: #gia kathe grammi tou arxeiou oriwn

arcpy.Delete_management("lap_lyr") #diagrafi arxeiwn pou paragontai an idi
yparxoun
    arcpy.Delete_management("DEM_name_lyr") #diagrafi arxeiwn pou
    paragontai an idi yparxoun

    poly_id = lap_row.getValue("OBJECTID") #apodosi timis sti metavliti
    poly_id tou OBJECTID tou pinaka lap

        #me ayton ton tropo i prospelasi ginetai gia kathe lekani/dimo
        arcpy.AddMessage("poly: "+str(poly_id))
        #metatropi se layer (aparaitito gia to Selectby...)
        arcpy.MakeFeatureLayer_management(lap, "lap_lyr", "OBJECTID=" +
        str(poly_id))
        arcpy.MakeFeatureLayer_management(DEM_name,
        "DEM_name_lyr")

        arcpy.AddMessage("---> Select Layer By Location")
        #epilogi ton simeiwon apo oli tin perioxi meletis pou vriskontai entos
        (within) kathe lekani aporrois

```

```

#SelectLayerByLocation
Lap_Selection =
arcpy.SelectLayerByLocation_management("DEM_name_lyr",
"WITHIN", "lap_lyr", "", "NEW_SELECTION", "NOT_INVERT")

arcpy.AddMessage(" > Dissolve") #me tin entoli ayti ypologizontai ta s
tastika gia kathe kalipsi gis
arcpy.Delete_management("LSL_Dissolve")
arcpy.Dissolve_management (Lap_Selection, "LSL_Dissolve", ["LC"],
[["ET", "SUM"],["OBJECTID", "COUNT"],["Raincalc", "SUM"]],
"MULTI_PART")

Isl_c = arcpy.UpdateCursor ("LSL_Dissolve")
for Isl_row in Isl_c:
    Isl_LC = int(Isl_row.getValue("LC"))

    if Isl_LC in lc_codes:
        lap_row.setValue
        ("ET"+str(Isl_LC),Isl_row.getValue("SUM_ET"))
        lap_row.setValue
        ("Rain"+str(Isl_LC),Isl_row.getValue("SUM_Raincalc"))
        lap_row.setValue
        ("Points"+str(Isl_LC),Isl_row.getValue("COUNT_OBJC
        TID"))

arcpy.Delete_management("LSL_Dissolve")
arcpy.Delete_management("LSL")
arcpy.Delete_management("LSL_lyr")

for lc in lc_codes: #gia kathe xrisi
    ET = (0 if lap_row.getValue("ET"+str(lc))==None else
    lap_row.getValue("ET"+str(lc)))
    Rain = (0 if lap_row.getValue("Rain"+str(lc))==None else
    lap_row.getValue("Rain"+str(lc)))
    Points = (0 if lap_row.getValue("Points"+str(lc))==None else
    lap_row.getValue("Points"+str(lc)))

#ypologismos synolikis ET/Rain/Points gia ena lc gia mia lap

lap_row.setValue("ET_Sum", (0 if
lap_row.getValue("ET_Sum")==None else
lap_row.getValue("ET_Sum")) + ET)
lap_row.setValue("Rain_Sum", (0 if
lap_row.getValue("Rain_Sum")==None else
lap_row.getValue("Rain_Sum")) + Rain)
lap_row.setValue("Points_Sum", (0 if
lap_row.getValue("Points_Sum")==None else
lap_row.getValue("Points_Sum")) + Points)

#anagwgi tis synolikis ET(lc) sta simeia toy lc

```

```

if lap_row.getValue("ET_Sum")!=None and
lap_row.getValue("Points_Sum") !=0:
    lap_row.setValue("ET_Lap", lap_row.getValue("ET_Sum") /
    lap_row.getValue("Points_Sum"))

#anagwgi tis synolikis Rain(lc) sta simeia toy lc
if lap_row.getValue("Rain_Sum")!=None and
lap_row.getValue("Points_Sum") !=0:
    lap_row.setValue("Rain_Lap", lap_row.getValue("Rain_Sum")
    / lap_row.getValue("Points_Sum"))

if lap_row.getValue("ET_Lap")!=None and
lap_row.getValue("Rain_Lap") !=None and
lap_row.getValue("ET_Lap")>= 0:

    arcpy.AddMessage(" > Peff_Lap") #ypologismos Peff (USDA)
    rr = lap_row.getValue("Rain_Lap")
    if rr >= 250:
        lap_row.setValue("Peff_Lap", rr*(125-0.2*rr)/125)
    else:
        lap_row.setValue("Peff_Lap", 125+0.1*rr)

    arcpy.AddMessage(" > U_Lap") #ypologismos U_Lap
    lap_row.setValue("U_Lap",
    min(lap_row.getValue("ET_Lap"),lap_row.getValue("Peff_Lap"
    )))

    arcpy.AddMessage(" > WF_Lap") #ypologismos WF_Lap
    lap_row.setValue("WF_Lap", lap_row.getValue("U_Lap") * 40
    * lap_row.getValue("Points_Sum"))

ss200=0
ssy200=0
ss300=0

for lc in lc_codes:
    if lap_row.getValue("Points"+str(lc))!= None:
        arcpy.AddMessage(" > WF_"+ str(lc))

        lap_row.setValue("WF"+str(lc),
        (lap_row.getValue("WF_Lap")/lap_row.getValue("Poi
        nts_Sum")*lap_row.getValue("Points"+str(lc))))
        if int(lc/100) == 3 and lc!=321:
            ss300=ss300+(0 if
            lap_row.getValue("WF"+str(lc))==None
            else
            lap_row.getValue("WF"+str(lc)))
        if int(lc/100) == 2:
            ss200=ss200+(0 if
            lap_row.getValue("WF"+str(lc))==None

```

```

        e else
            lap_row.getValue("WF"+str(lc))
#anagwgi me vasi tin apodosi (crops)
if int(lc/100) == 2 and lc != 213:#213.Orizones
    ap = lc
    if int(lc/10) == 24:
        ap = 240
    if lap_row.getValue("Points"+str(lc))
    != None:
        lap_row.setValue("WFY"+str(l
        c),
        lap_row.getValue("WF"+str(lc
        ))/ap_row.getValue("sum"+st
        r(ap))
        ssy200=ssy200+(0 if
        lap_row.getValue("WFY"+str(l
        c))==None else
        lap_row.getValue("WFY"+str(l
        c)))
        lap_row.setValue("WF200", ss200)
        lap_row.setValue("WF300", ss300)
        lap_row.setValue("WFY200", ssy200)

c.updateRow (lap_row)

```

for year in years:

```

arcpy.AddError(" > Diagrafi proswrinwn arxeiwn")
#Diagrafi proswrinwn arxeiwn meteorologikwn stathmwn an yparxoun
arcpy.Delete_management("Temp_lr_20"+year)
arcpy.Delete_management("Hum_lr_20"+year)
arcpy.Delete_management("Rain_lr_20"+year)

#Diagrafi proswrinwn arxeiwn IDW - Corine (raster) an yparxoun
arcpy.Delete_management("A" + year + "00")
arcpy.Delete_management("A" + year + "01")
arcpy.Delete_management("A" + year + "02")
arcpy.Delete_management("A" + year + "03")
arcpy.Delete_management("A" + year + "04")
arcpy.Delete_management("Corine20"+year+"raster")

```

for month in months:

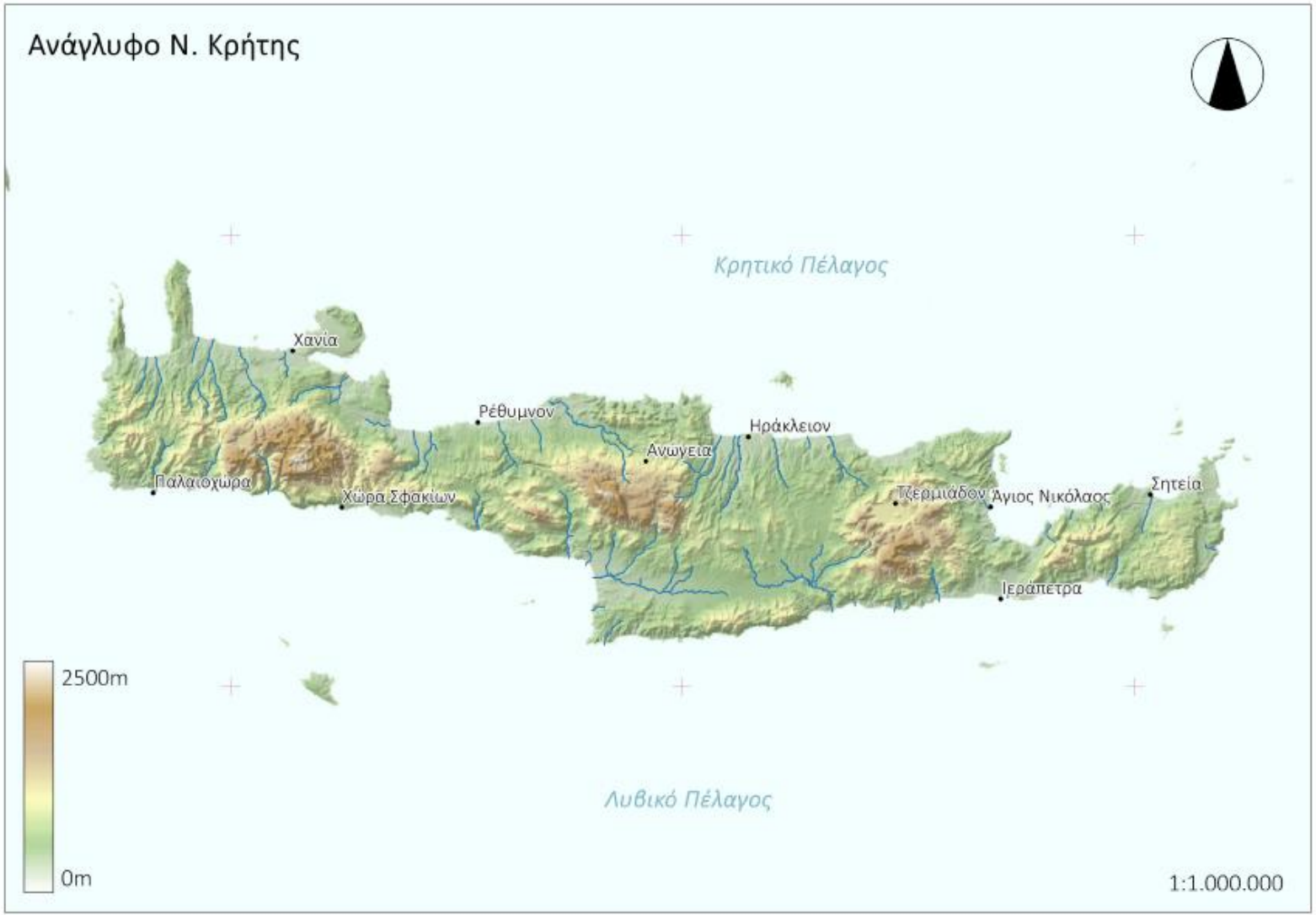
```

month_str = "{:0>2d}".format(int(month)) #dimiourgia lektikou kathe mina
wste na exei ti morfi 01,02...,10,11,12
arcpy.Delete_management ("All_Vars_" + year + month_str)
arcpy.Delete_management("A"+year+month_str)
arcpy.Delete_management("LAP_calc"+year+month_str)
arcpy.Delete_management("umaxAll_Vars_" + year + month_str)

```

arcpy.Delete_management("SUM_wf_lap")

ΠΑΡΑΤΗΜΑ Β



Κύριες Λεκάνες Απορροής Ποταμού (ΛΑΠ) Ν. Κρήτης



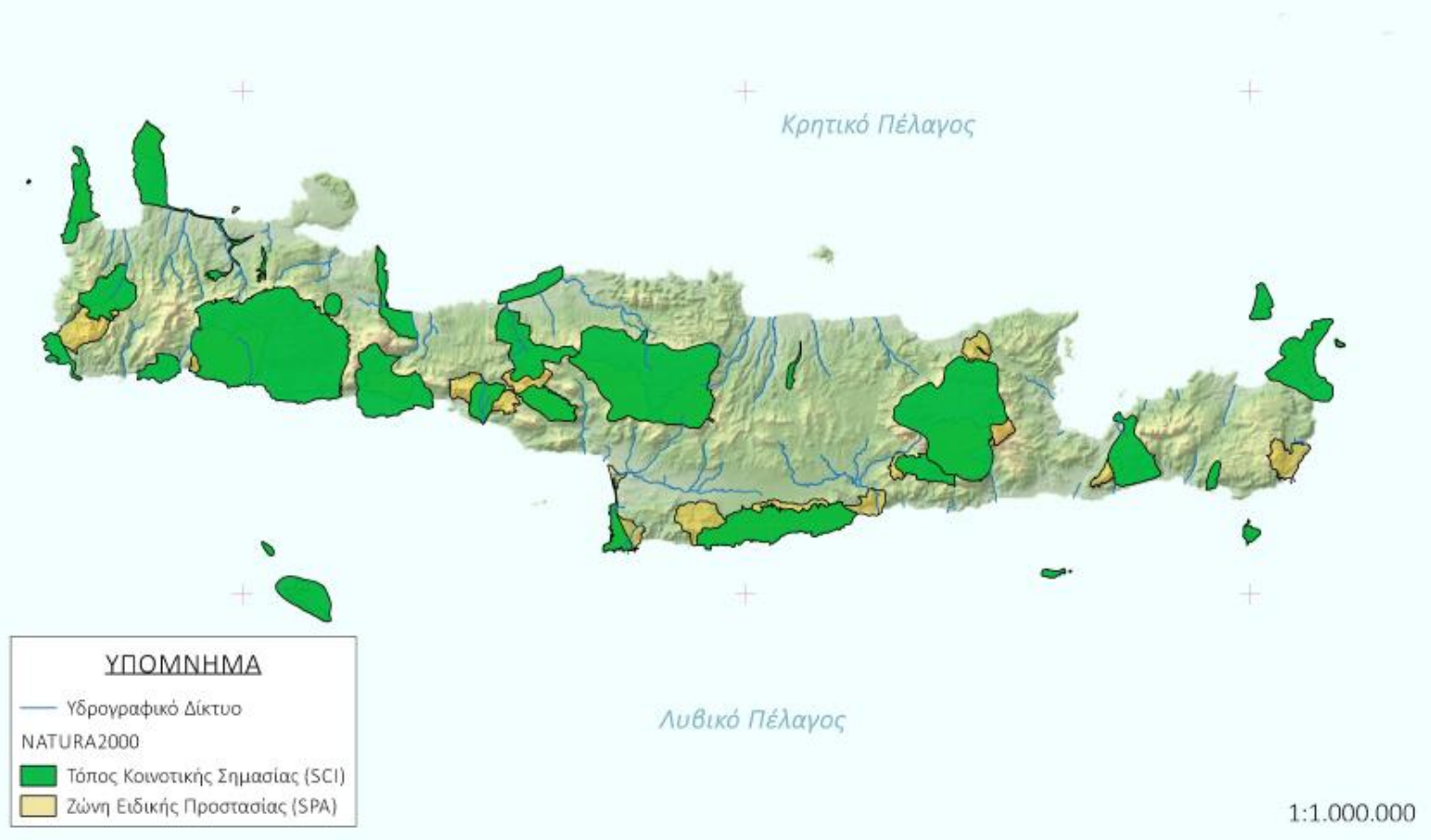
1:1.000.000

Δευτερεύουσες Λεκάνες Απορροής Ποταμού (ΛΑΠ) Ν. Κρήτης

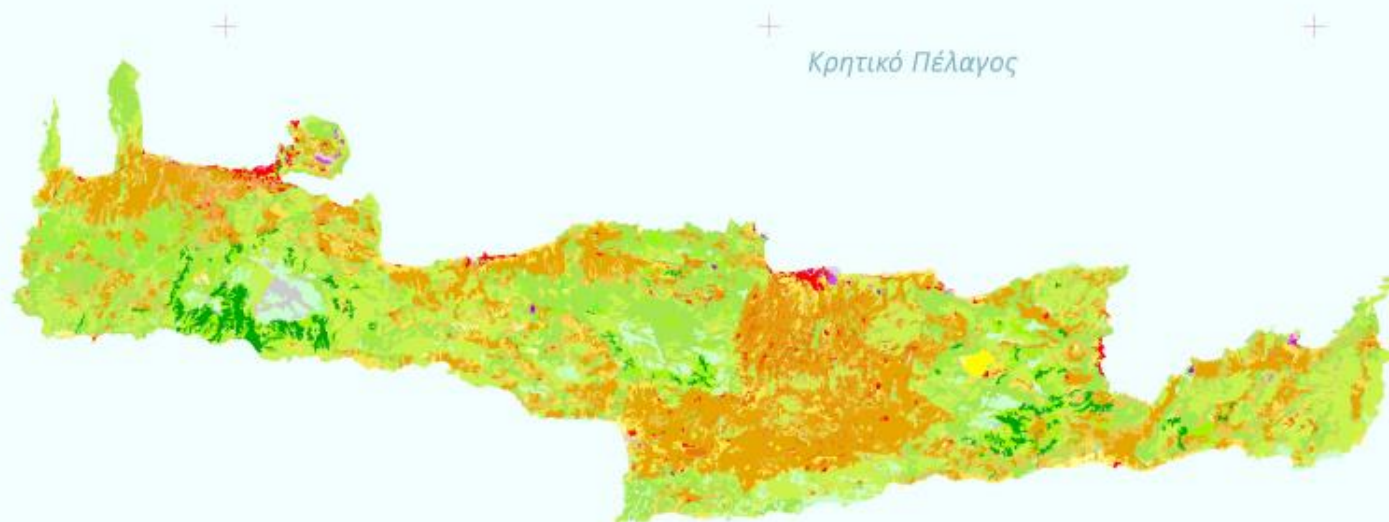


1:1.000.000

Προστατευόμενες Περιοχές NATURA2000 Ν. Κρήτης



CORINE 2000 N. Κρήτης

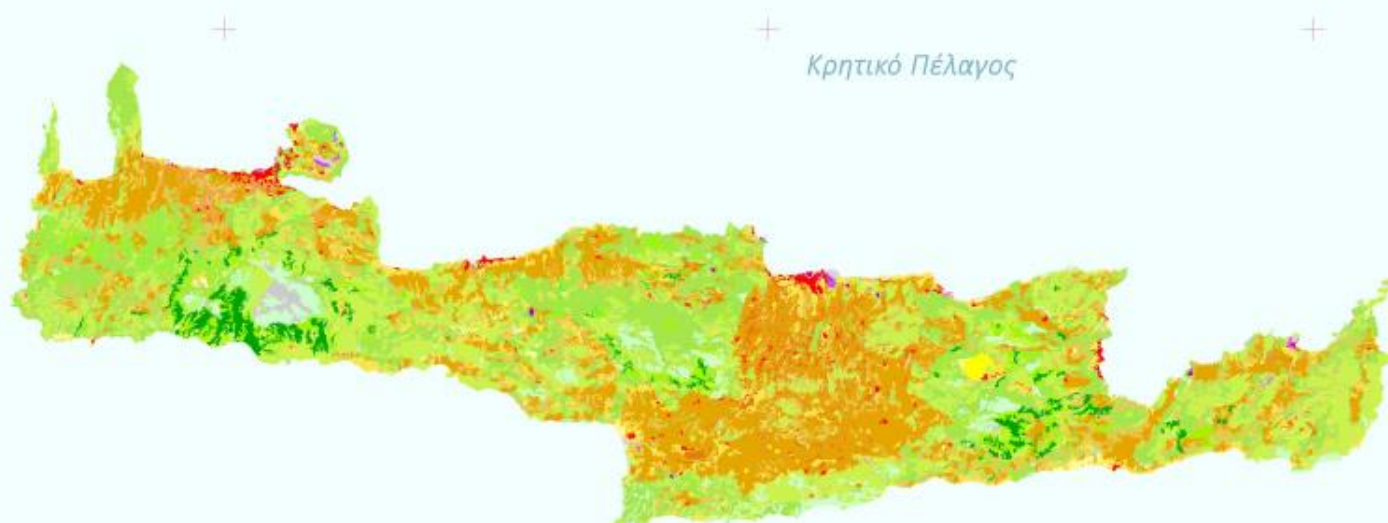


Κρητικό Πέλαγος

Λυβικό Πέλαγος

1:1.000.000

CORINE 2006 N. Κρήτης



Κρητικό Πέλαγος

Λυβικό Πέλαγος

1:1.000.000

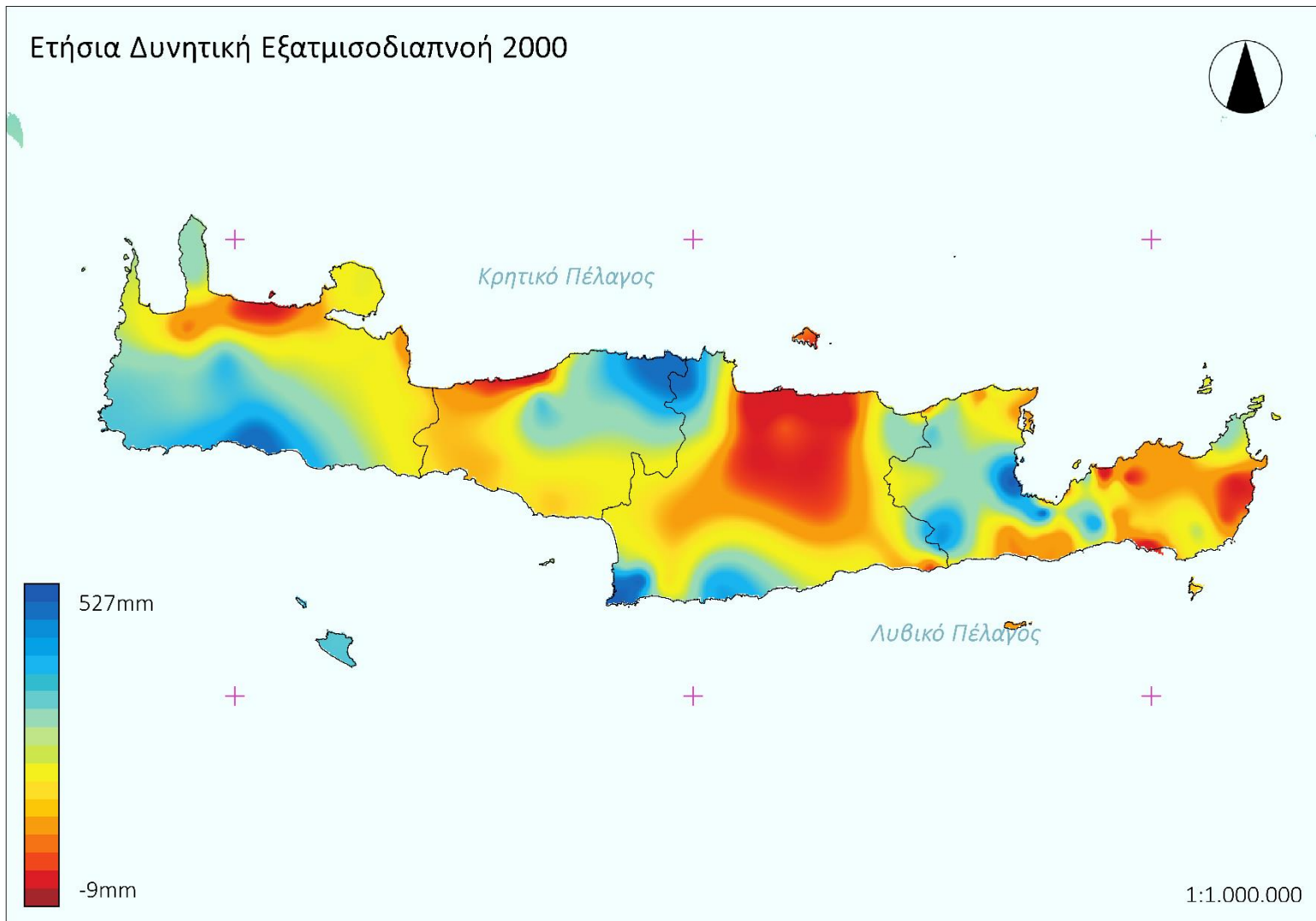
CORINE 2012 N. Κρήτης

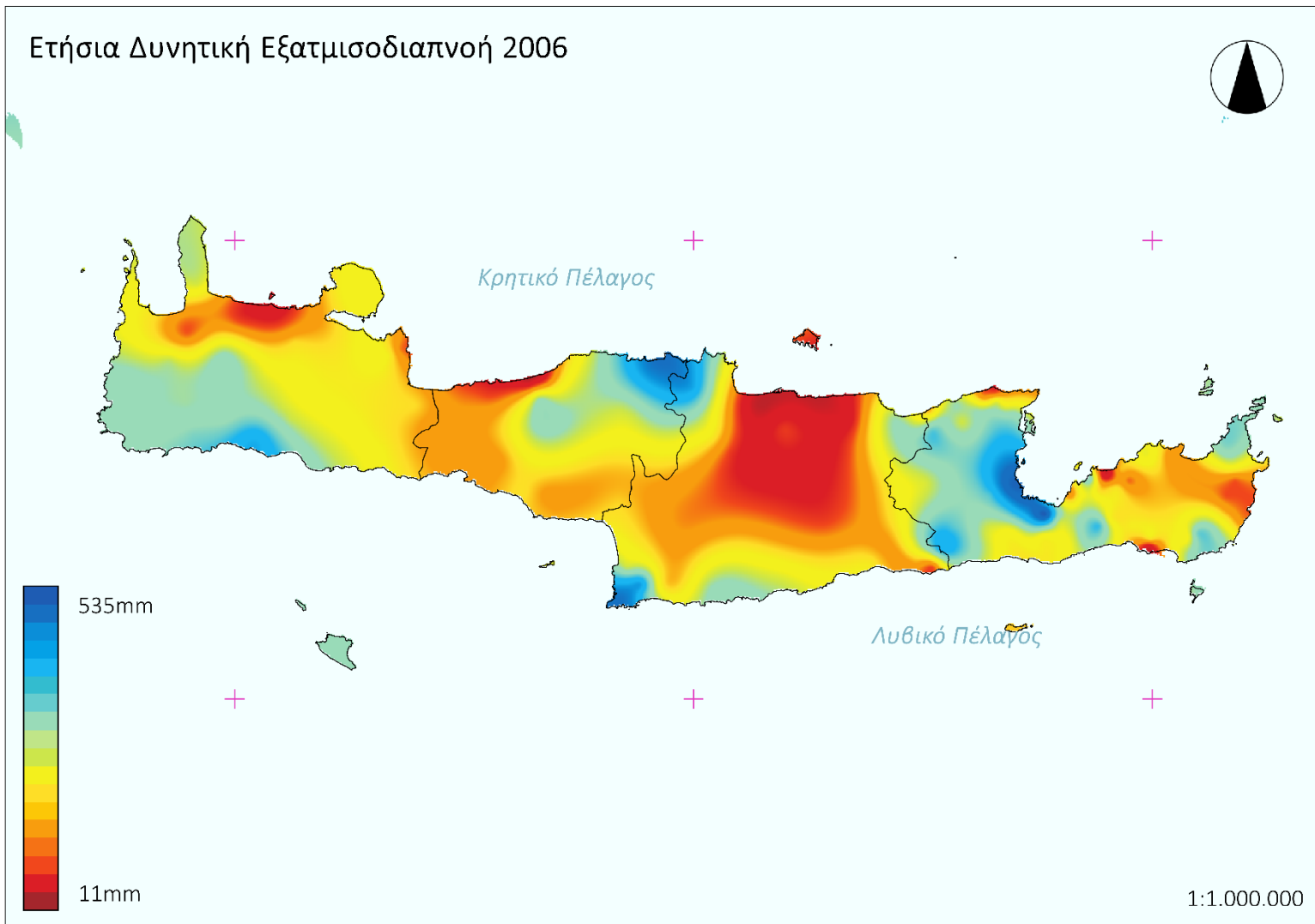


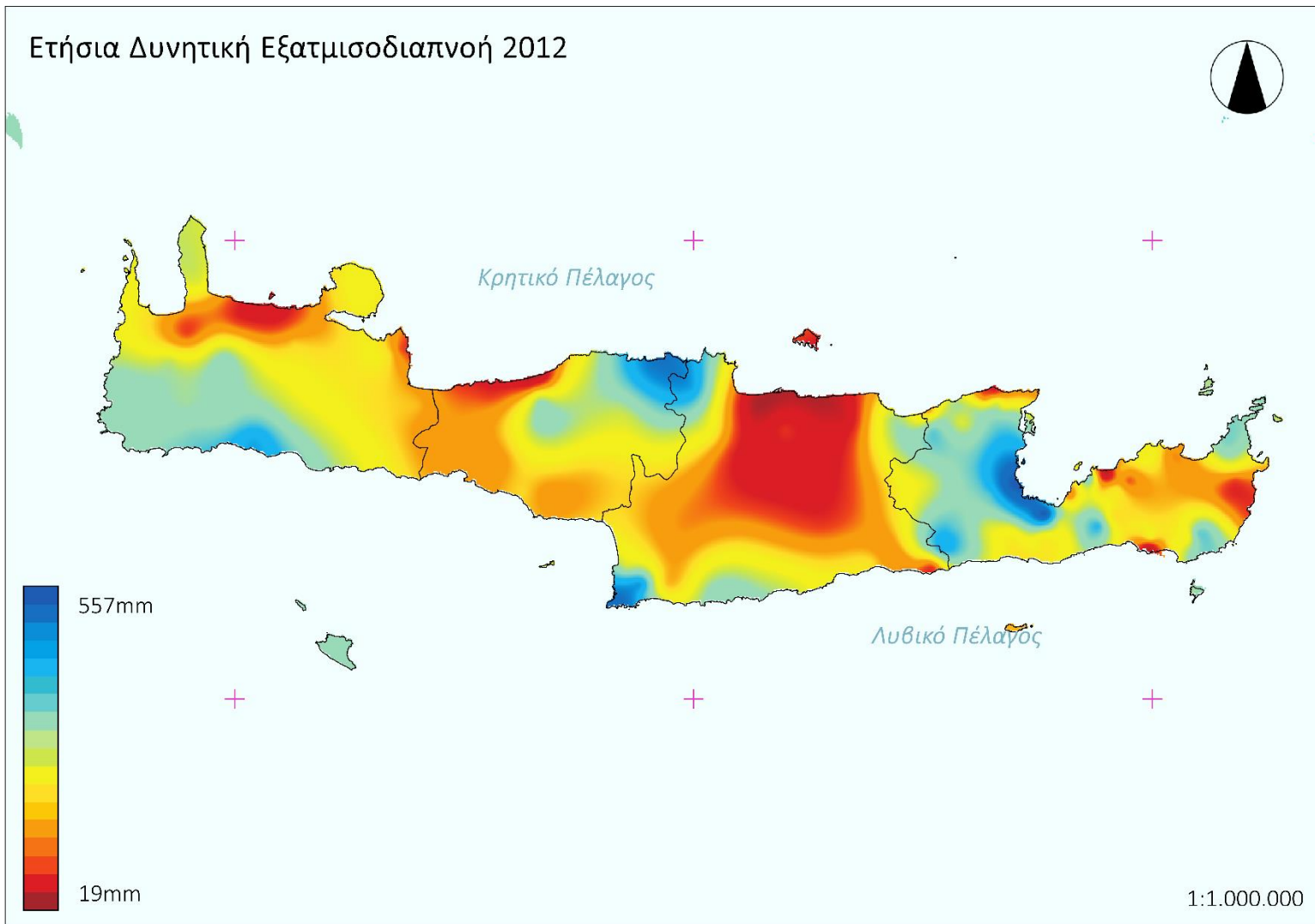
Κρητικό Πέλαγος

Λυβικό Πέλαγος

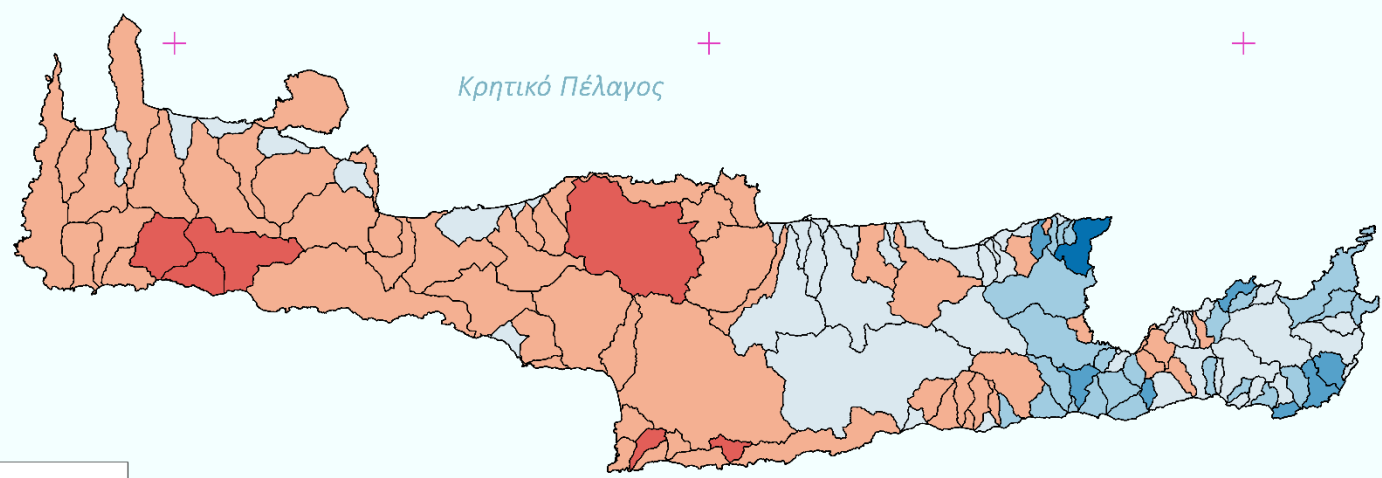
1:1.000.000







Μεταβολή ετήσιας Δυνητικής Εξατμισοδιαπνοής 2006-2000



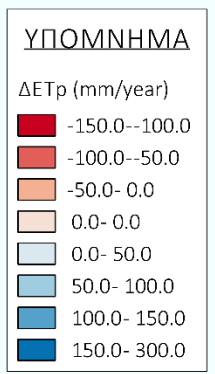
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΔΕΤρ (mm/year)

Dark Red	-150.0--100.0
Red	-100.0--50.0
Orange	-50.0- 0.0
Light Orange	0.0- 0.0
Light Blue	0.0- 50.0
Blue	50.0- 100.0
Dark Blue	100.0- 150.0
Very Dark Blue	150.0- 300.0

1:1.000.000

Μεταβολή ετήσιας Δυνητικής Εξατμισοδιαπνοής 2012-2006



1:1.000.000

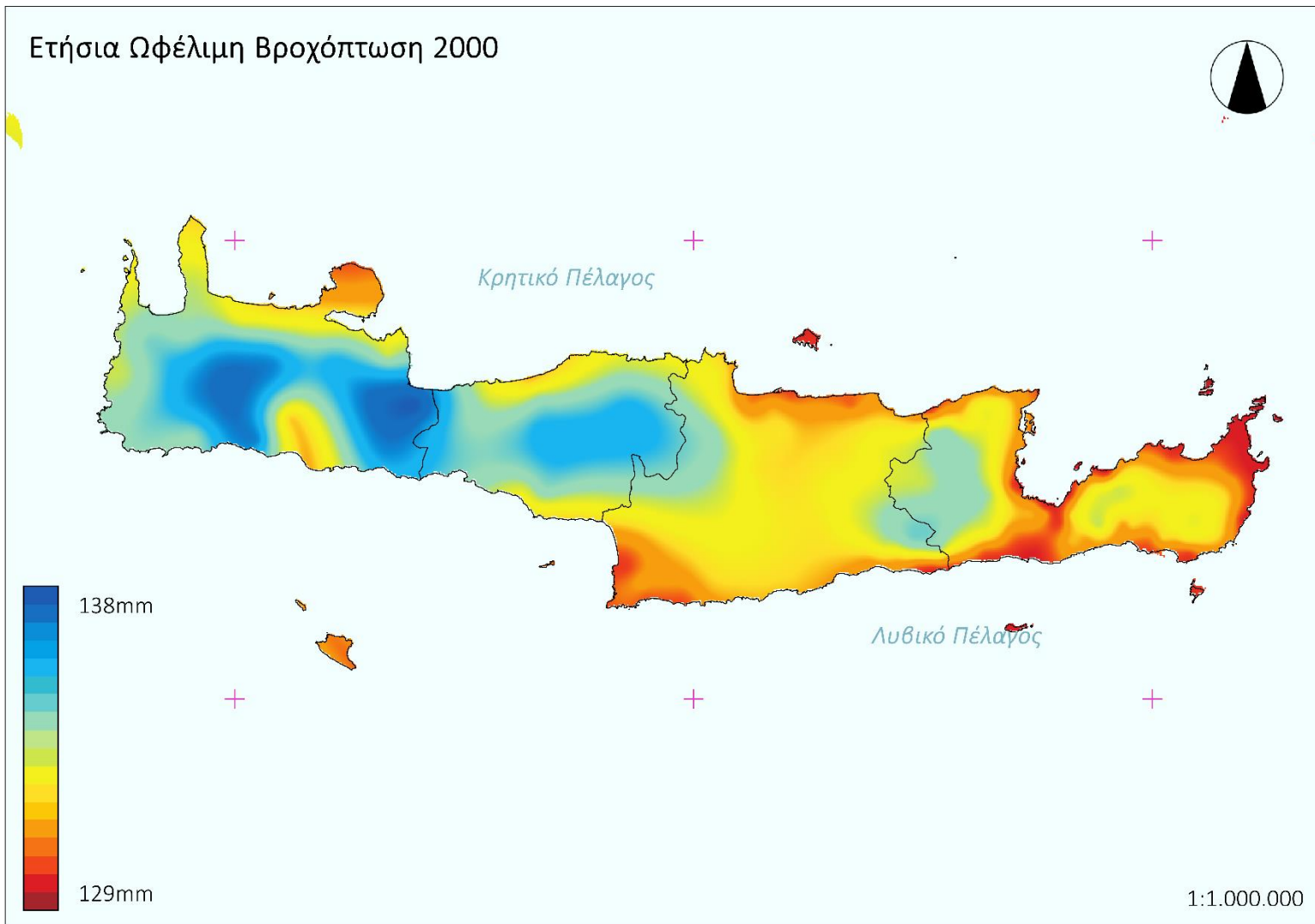
Μεταβολή ΕΤρ 2000-2012

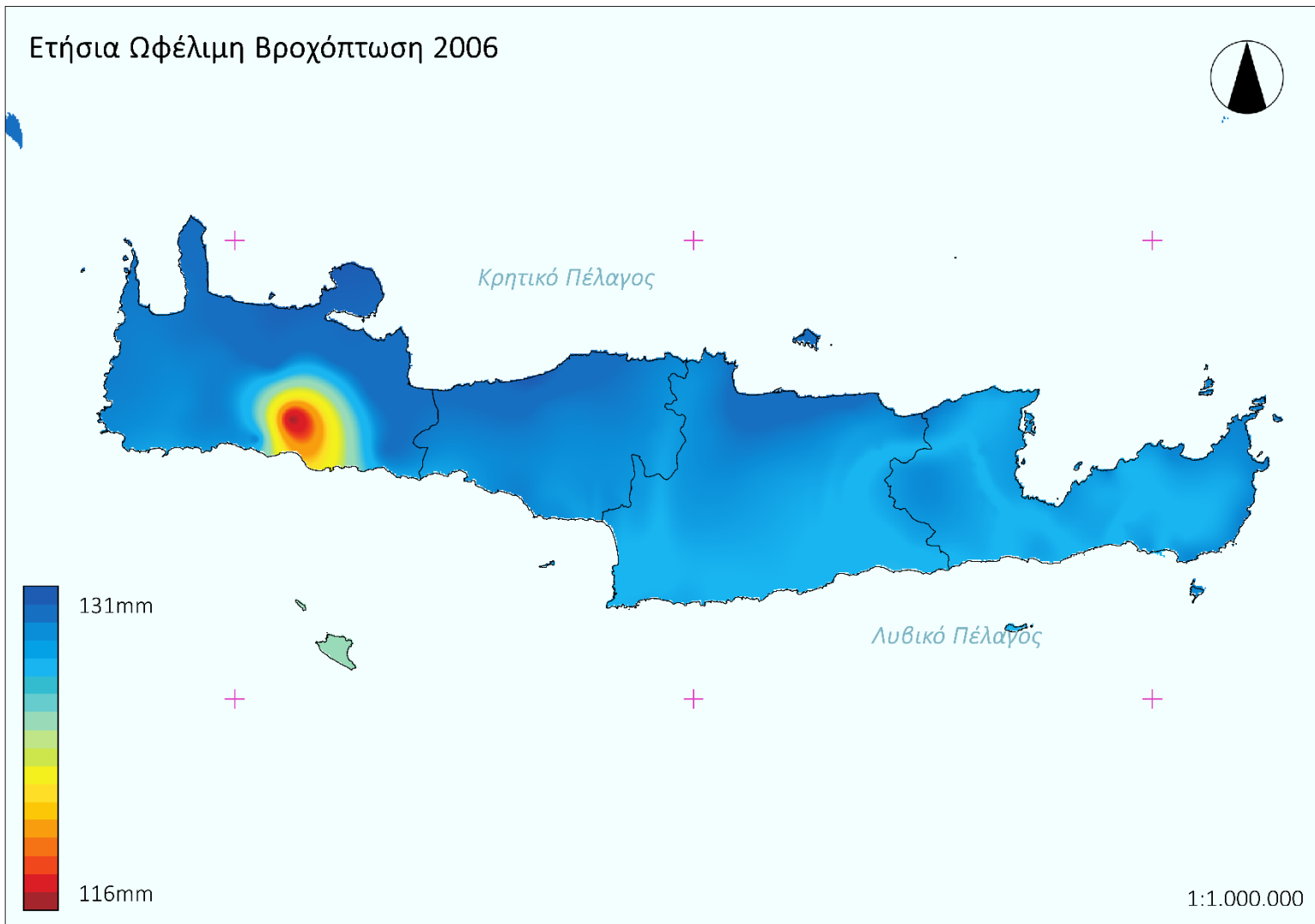


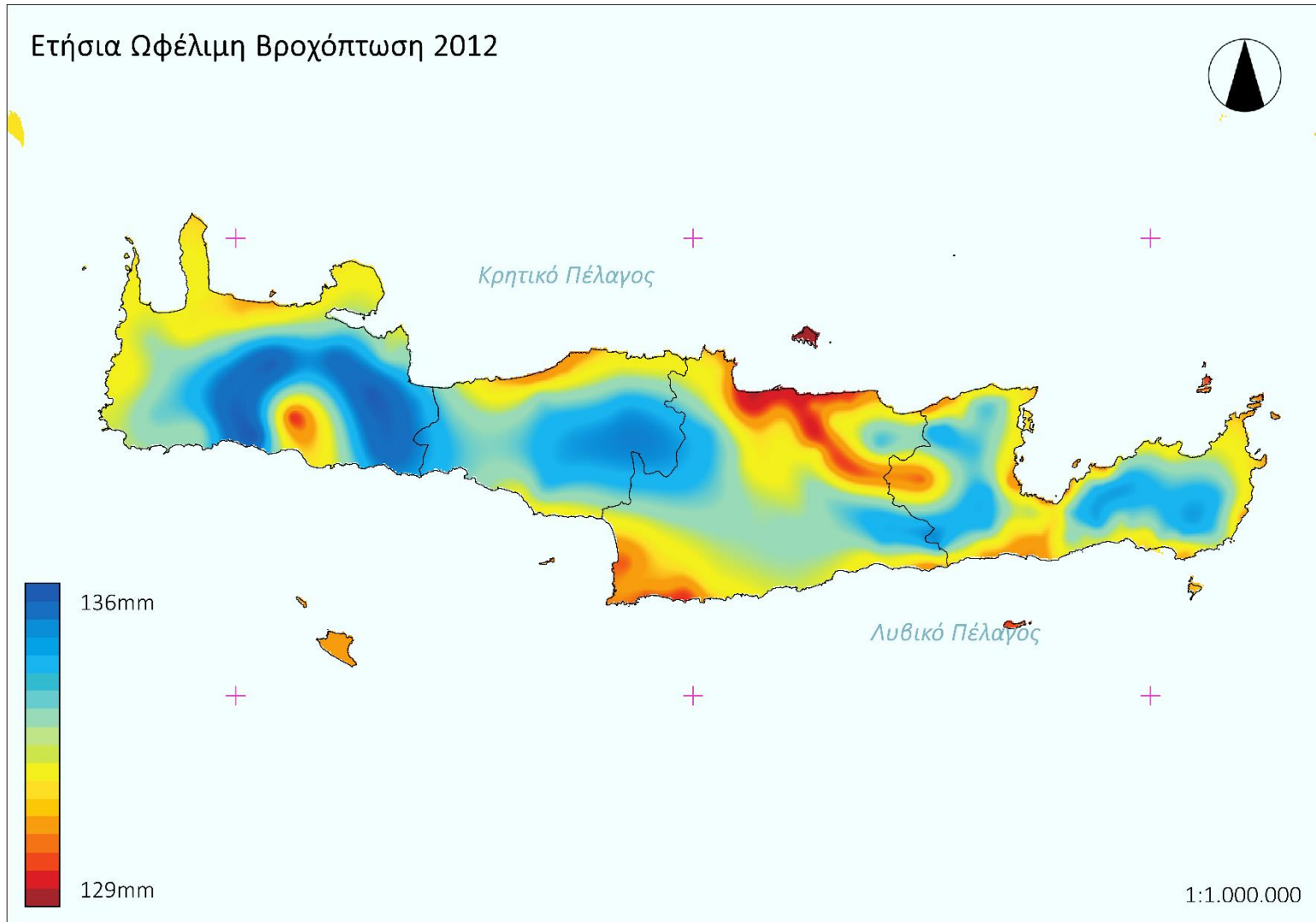
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΔΕΤρ (mm/year)
-150.0--100.0
-100.0--50.0
-50.0- 0.0
0.0- 0.0
0.0- 50.0
50.0- 100.0
100.0- 150.0
150.0- 300.0

1:1.000.000







Μεταβολή Ετήσιας Ωφέλιμης Βροχόπτωσης 2006-2000



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΔΡεφφ (mm/year)

Dark Red	-15.0--10.0
Orange	-10.0--5.0
Light Orange	-5.0- 0.0
White	0.0- 0.0
Light Blue	0.0- 5.0
Blue	5.0- 10.0
Dark Blue	10.0- 15.0

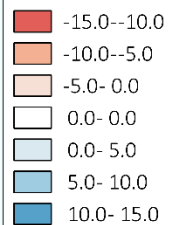
1:1.000.000

Μεταβολή Ετήσιας Ωφέλιμης Βροχόπτωσης 2012-2006



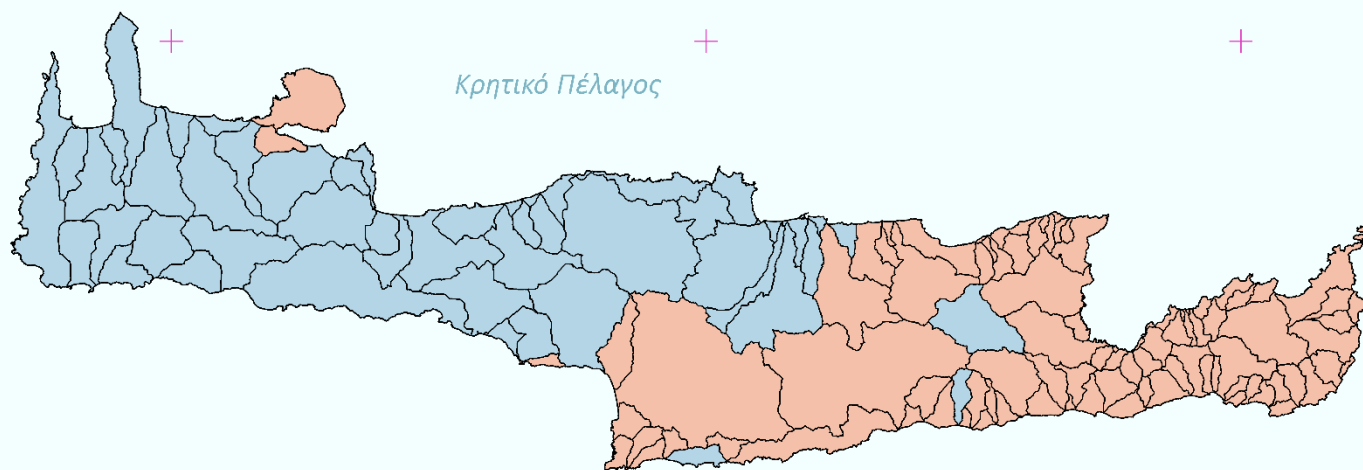
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΔPeff (mm/year)










1:1.000.000

Μεταβολή Peff 2000-2012



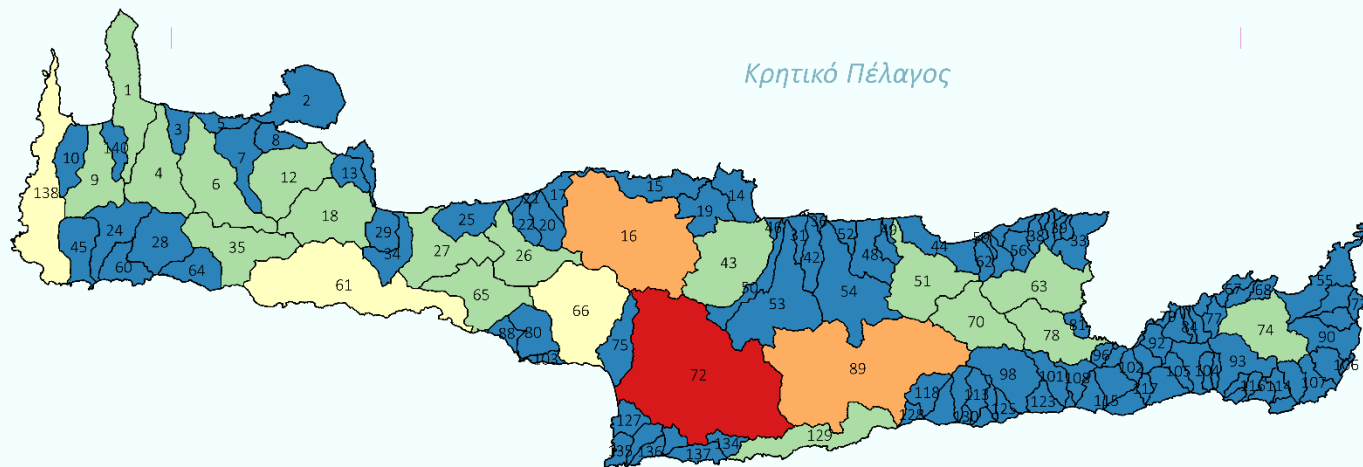
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΔPeff (mm)

-  -15.0--10.0
-  -10.0--5.0
-  -5.0- 0.0
-  0.0- 0.0
-  0.0- 5.0
-  5.0- 10.0
-  10.0- 15.0

1:1.000.000

Συνολικό Ετήσιο ΥΑπρ 2000



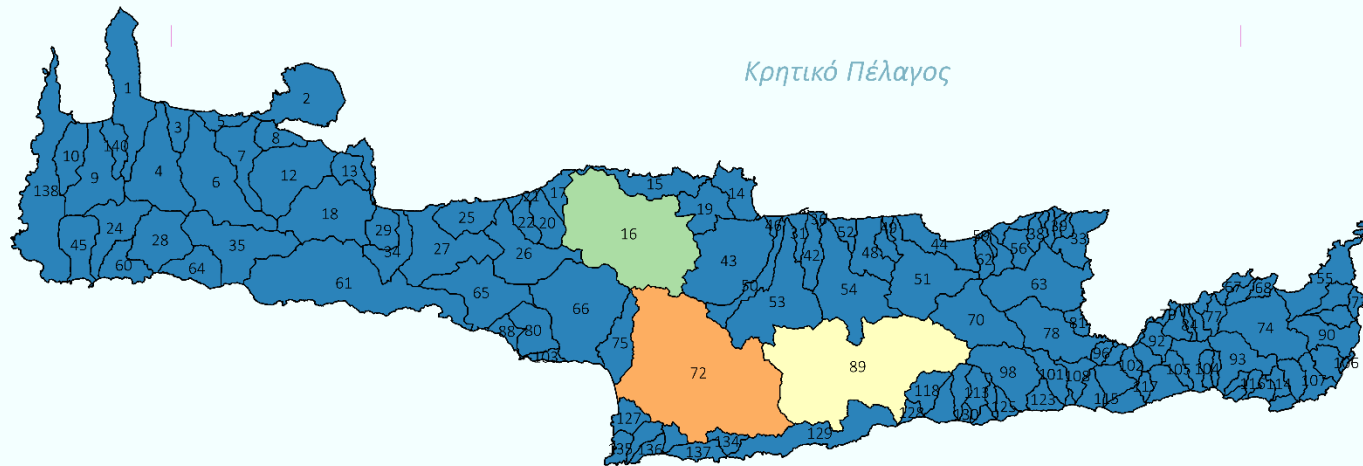
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΥΑπρ/έτος (m³ * 10⁶)

0- 140000
140000- 280000
280000- 420000
420000- 560000
560000- 710000

1:1.000.000

Συνολικό Ετήσιο ΥΑπρ- Γεωργικών Εκτάσεων 2000



Κρητικό Πέλαγος

Λυθικό Πέλαγος

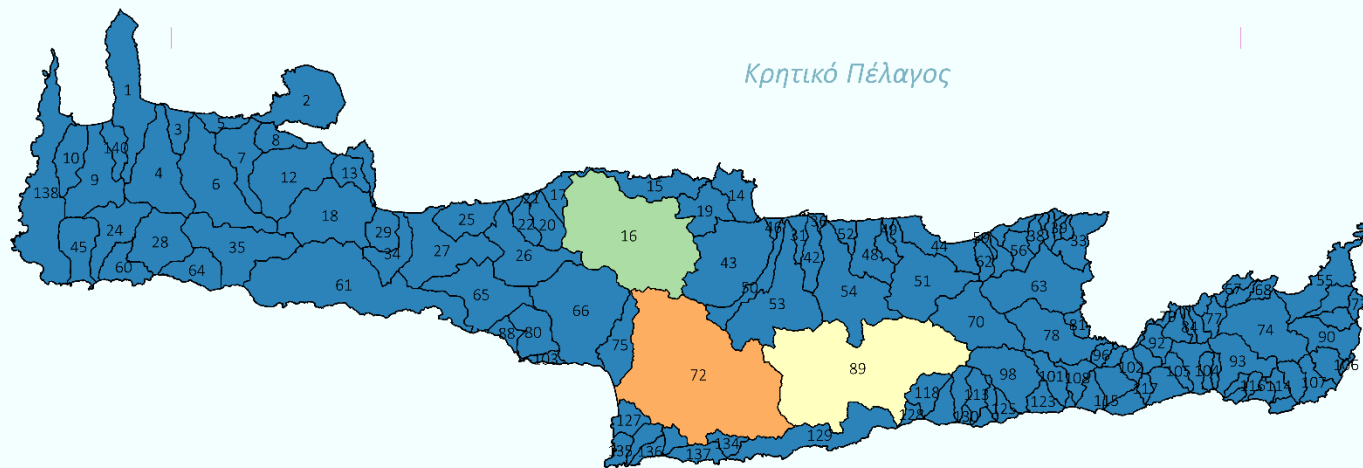
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΥΑπρ/έτος (m³ * 10⁶)

- 0- 140000
- 140000- 280000
- 280000- 420000
- 420000- 560000
- 560000- 710000

1:1.000.000

Συνολικό Ετήσιο ΥΑπρ- Γεωργικών Εκτάσεων 2000



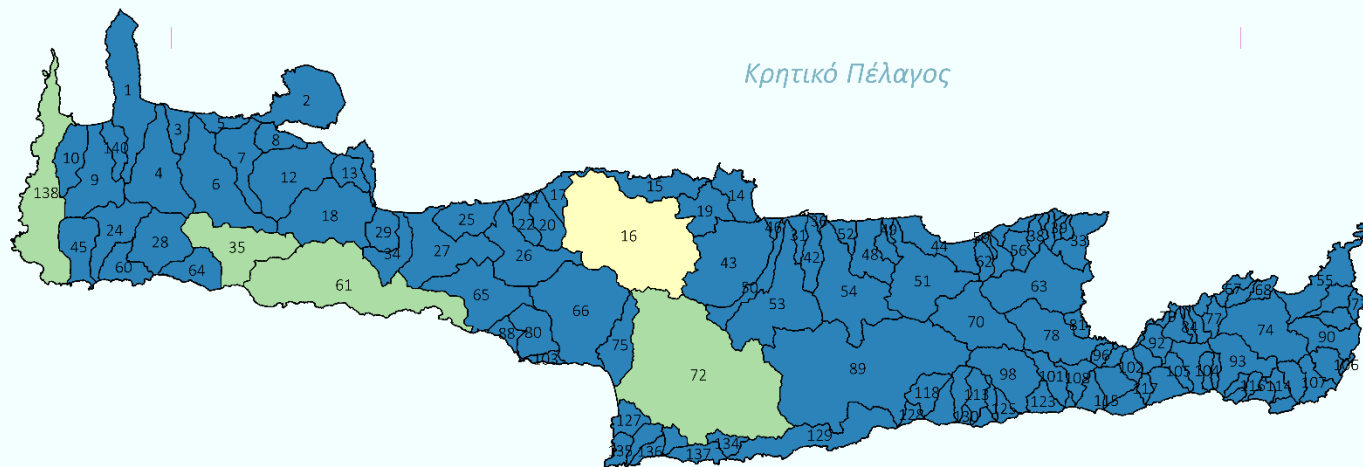
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΥΑπρ/έτος ($m^3 * 10^6 / ton$)

0- 140000
140000- 280000
280000- 420000
420000- 560000
560000- 710000

1:1.000.000

Συνολικό Ετήσιο ΥΑπρ- Δασικών Εκτάσεων 2000



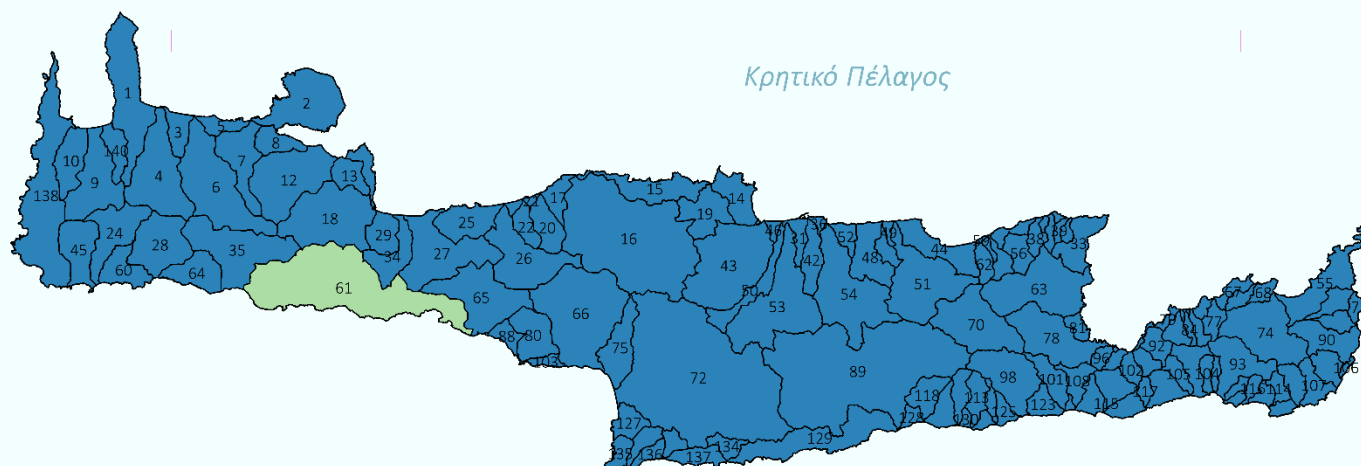
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΥΑπρ/έτος (m³ * 10⁶)

0- 140000
140000- 280000
280000- 420000
420000- 560000
560000- 710000

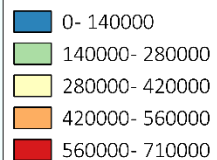
1:1.000.000

Συνολικό Ετήσιο ΥΑπρ- Βοσκοτόπων 2000



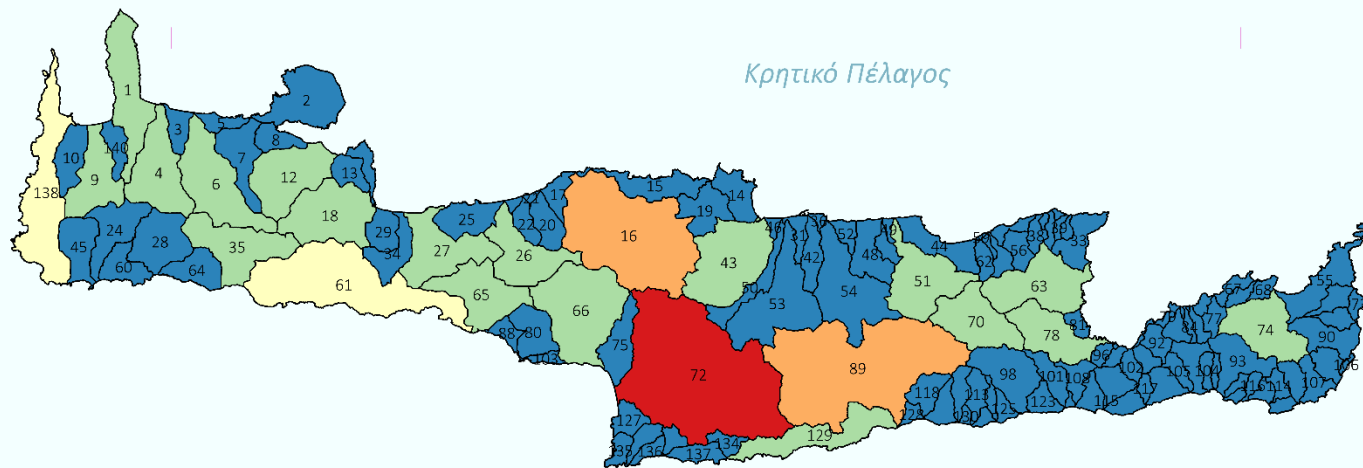
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΥΑπρ/έτος ($m^3 * 10^6$)



1:1.000.000

Συνολικό Ετήσιο ΥΑπρ 2006



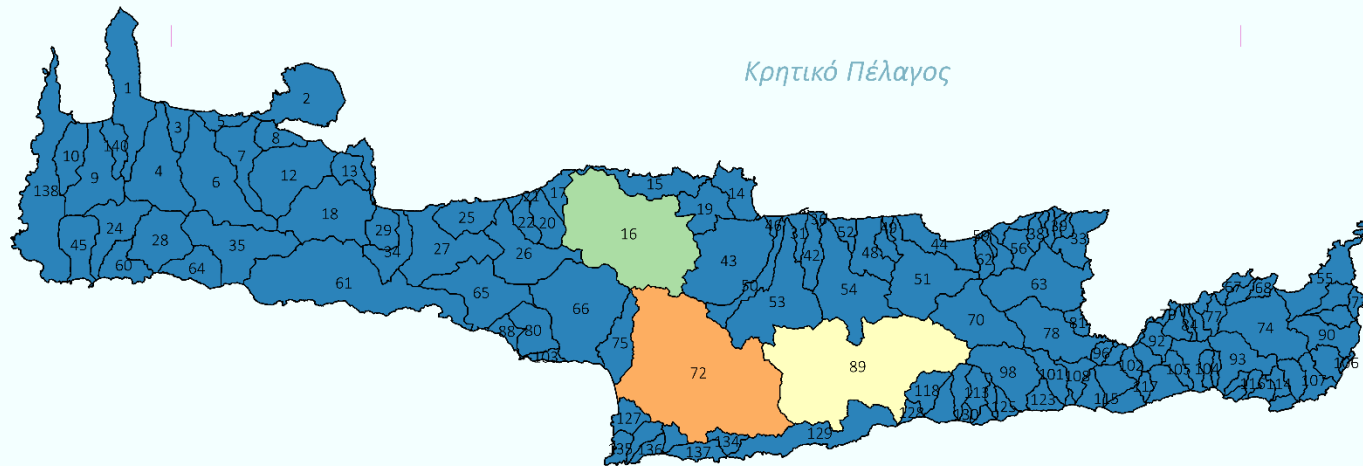
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΥΑπρ/έτος ($m^3 * 10^6$)

- 0- 140000
- 140000- 280000
- 280000- 420000
- 420000- 560000
- 560000- 710000

1:1.000.000

Συνολικό Ετήσιο ΥΑπρ- Γεωργικών Εκτάσεων 2006



Κρητικό Πέλαγος

Λυθικό Πέλαγος

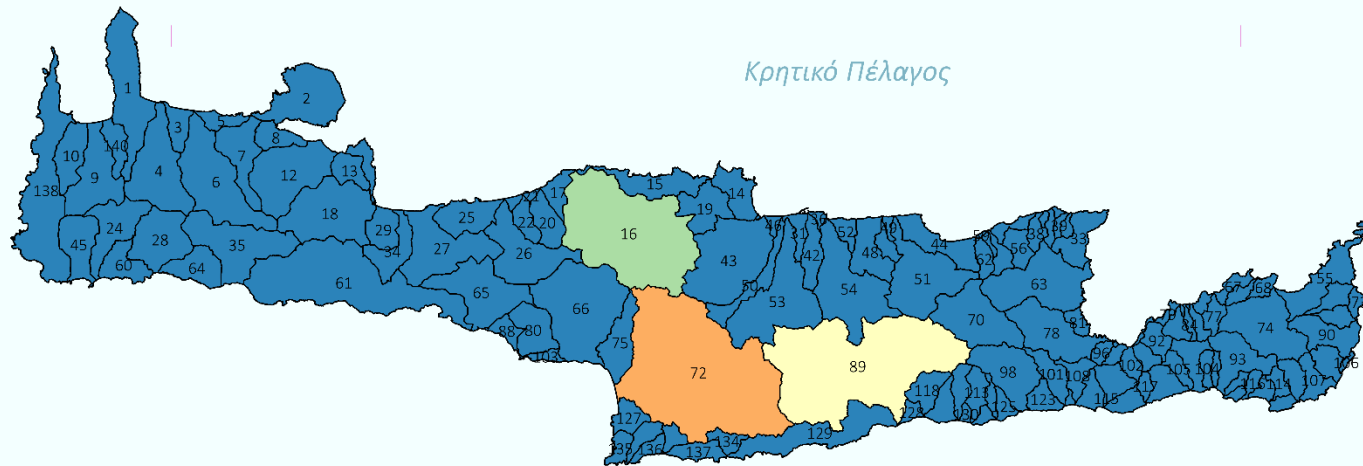
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΥΑπρ/έτος (m³ * 10⁶)

- 0- 140000
- 140000- 280000
- 280000- 420000
- 420000- 560000
- 560000- 710000

1:1.000.000

Συνολικό Ετήσιο ΥΑπρ- Γεωργικών Εκτάσεων 2006



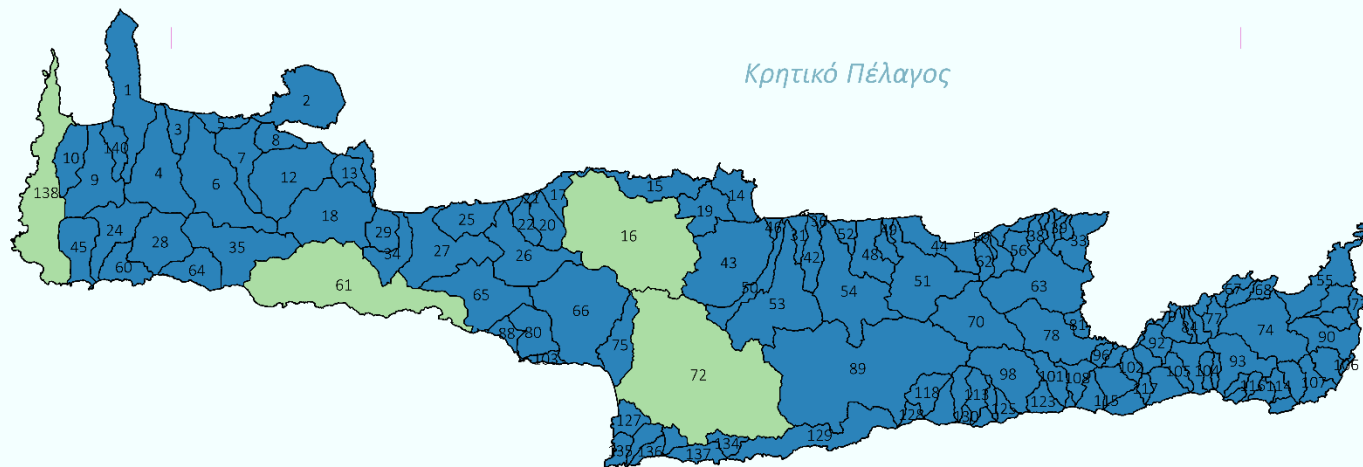
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΥΑπρ/έτος ($m^3 * 10^6 / ton$)

- 0- 140000
- 140000- 280000
- 280000- 420000
- 420000- 560000
- 560000- 710000

1:1.000.000

Συνολικό Ετήσιο ΥΑπρ- Δασικών Εκτάσεων 2006



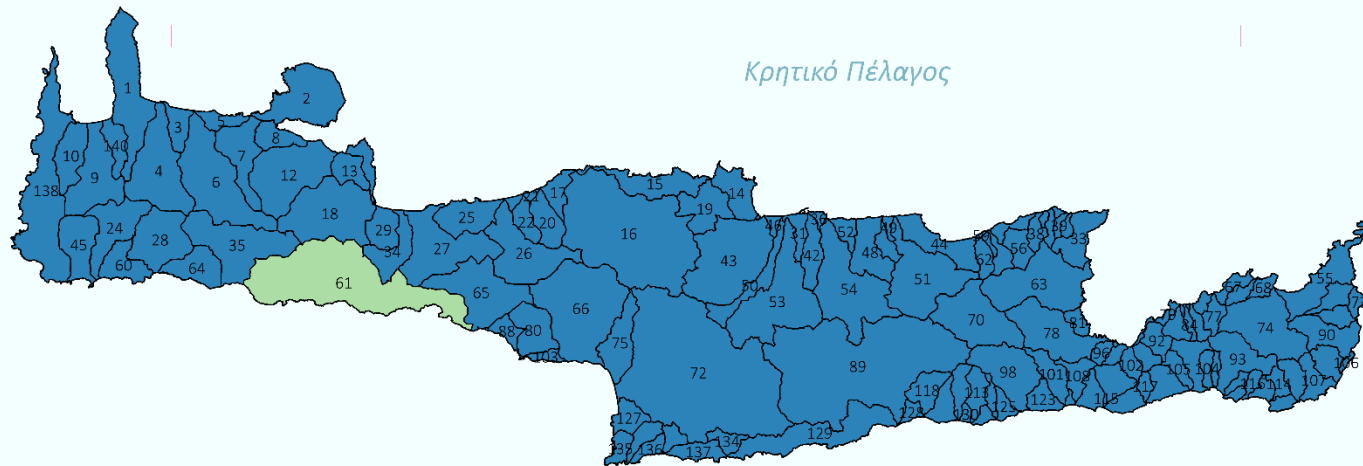
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΥΑπρ/έτος (m³ * 10⁶)

0- 140000
140000- 280000
280000- 420000
420000- 560000
560000- 710000

1:1.000.000

Συνολικό Ετήσιο ΥΑπρ- Βοσκοτόπων 2006



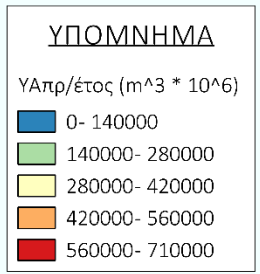
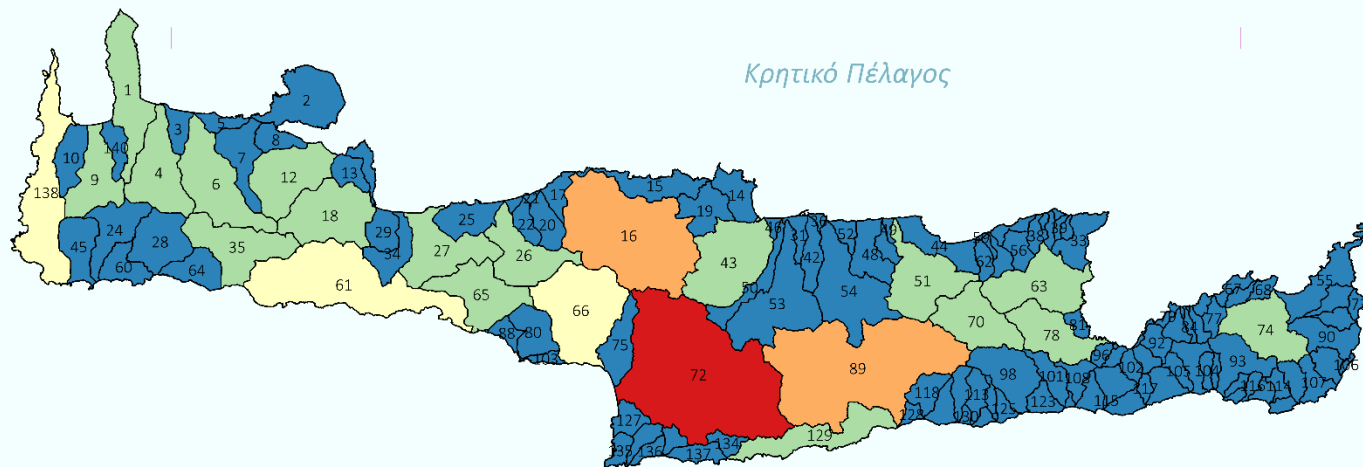
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΥΑπρ/έτος (m³ * 10⁶)

0- 140000
140000- 280000
280000- 420000
420000- 560000
560000- 710000

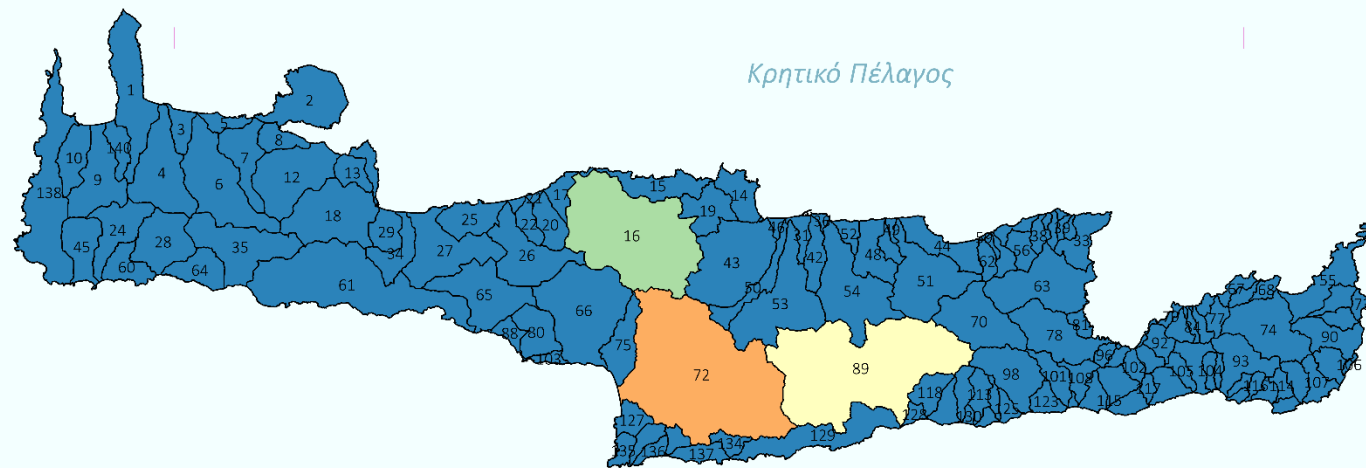
1:1.000.000

Συνολικό Ετήσιο ΥΑπρ 2012



1:1.000.000

Συνολικό Ετήσιο ΥΑπρ- Γεωργικών Εκτάσεων 2012



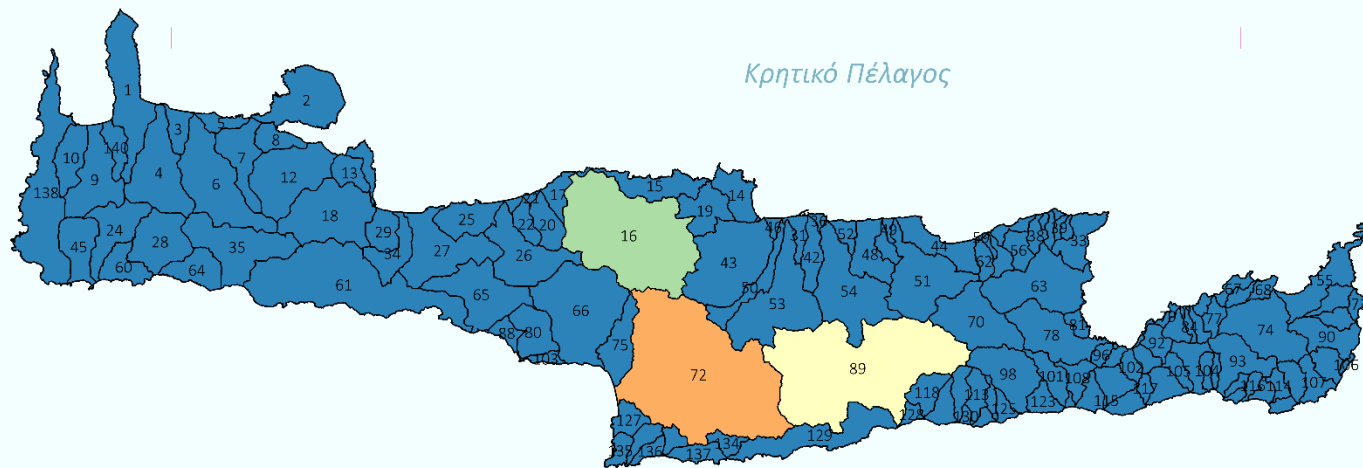
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΥΑπρ/έτος (m³ * 10⁶)

0- 140000
140000- 280000
280000- 420000
420000- 560000
560000- 710000

1:1.000.000

Συνολικό Ετήσιο ΥΑπρ- Γεωργικών Εκτάσεων 2012



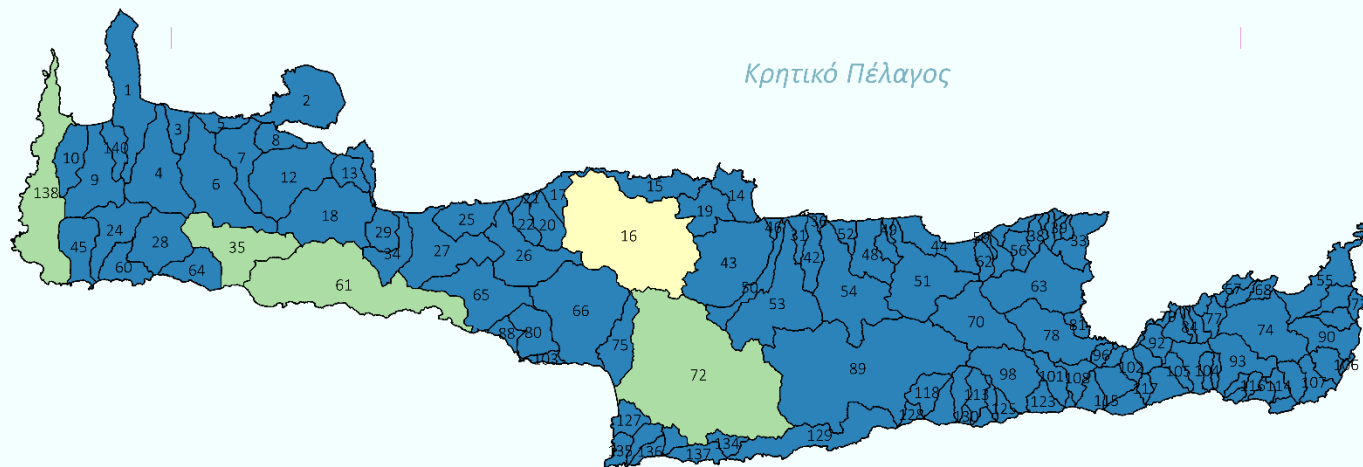
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΥΑπρ/έτος ($m^3 * 10^6 / ton$)

Blue	0- 140000
Light Green	140000- 280000
Yellow	280000- 420000
Orange	420000- 560000
Red	560000- 710000

1:1.000.000

Συνολικό Ετήσιο ΥΑπρ- Δασικών Εκτάσεων 2012



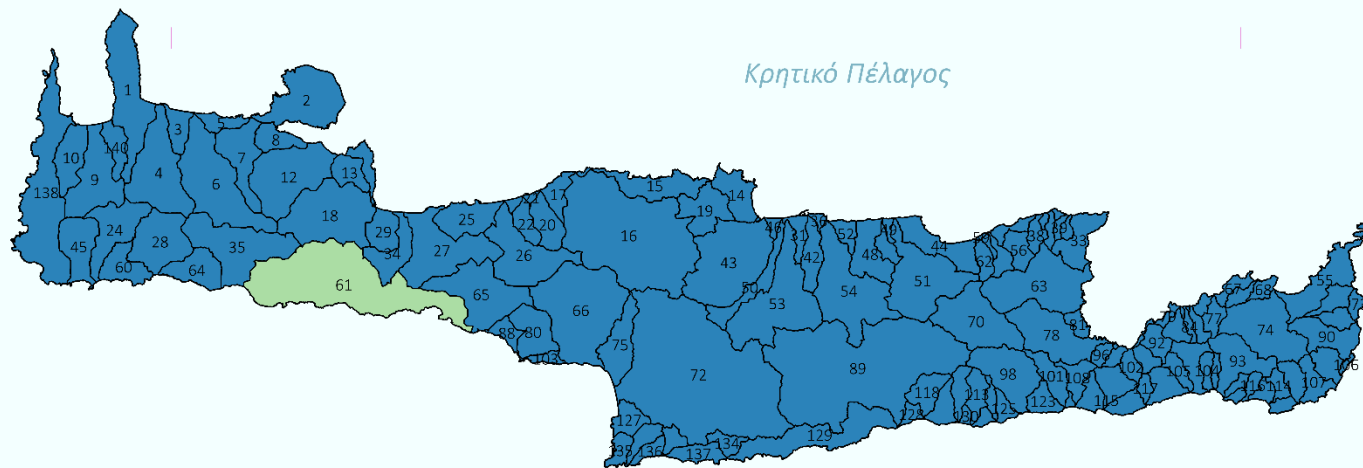
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΥΑπρ/έτος ($m^3 * 10^6$)

- 0- 140000
- 140000- 280000
- 280000- 420000
- 420000- 560000
- 560000- 710000

1:1.000.000

Συνολικό Ετήσιο ΥΑπρ- Βοσκοτόπων 2012



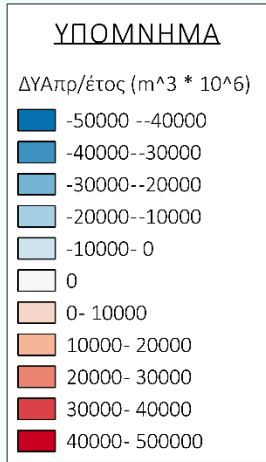
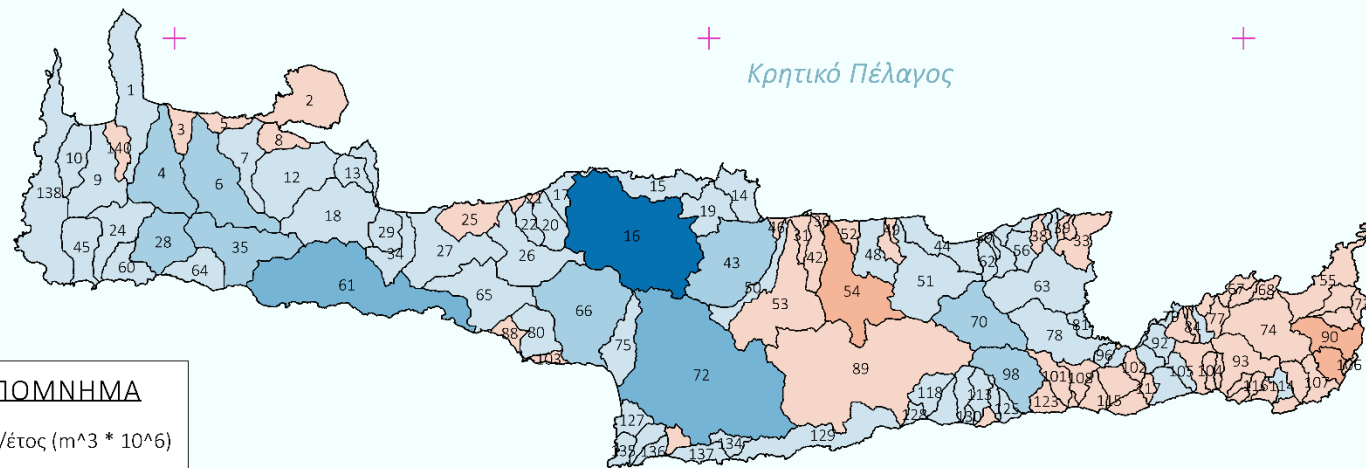
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΥΑπρ/έτος (m³ * 10⁶)

0- 140000
140000- 280000
280000- 420000
420000- 560000
560000- 710000

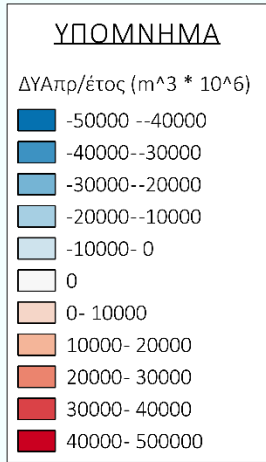
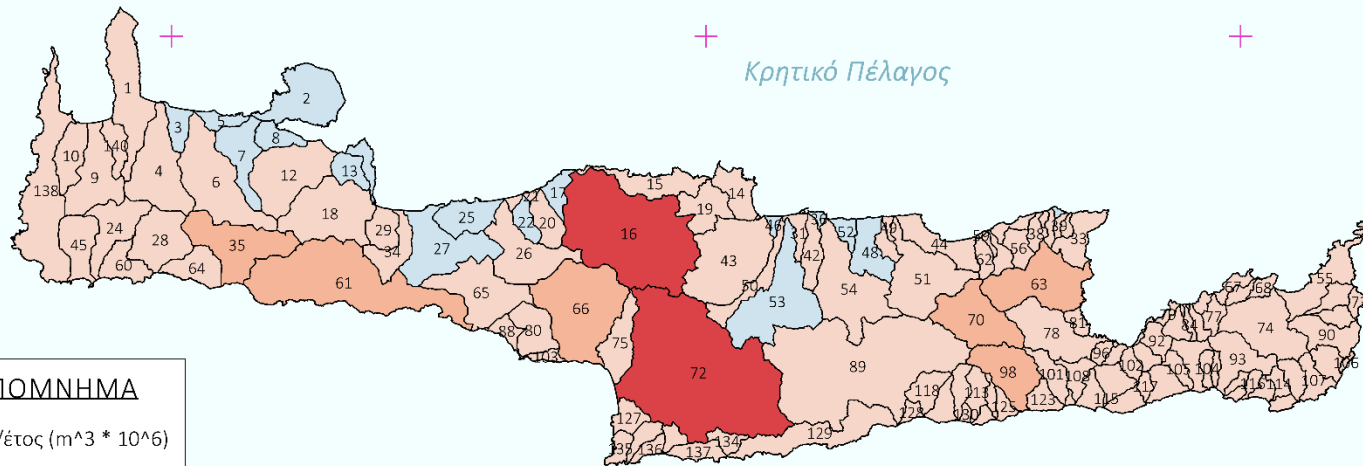
1:1.000.000

Μεταβολή συνολικού ετήσιου ΥΑπρ 2006- 2000



1:1.000.000

Μεταβολή συνολικού ετήσιου ΥΑπρ 2012- 2006

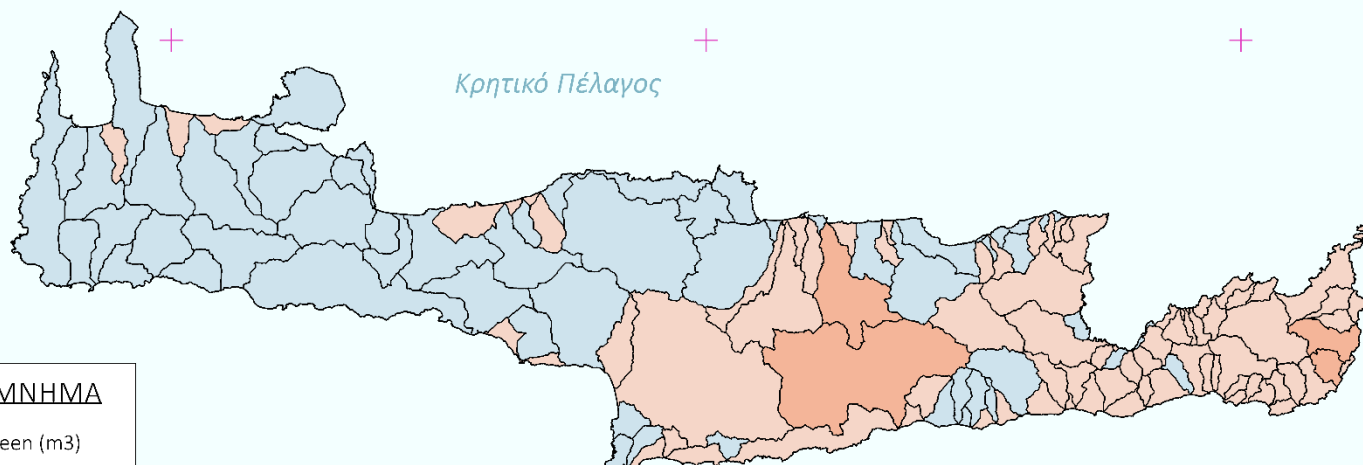


Κρητικό Πέλαγος

Λυθικό Πέλαγος

1:1.000.000

Μεταβολή ΥΑπρ 2000-2012



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΔWFgreen (m3)

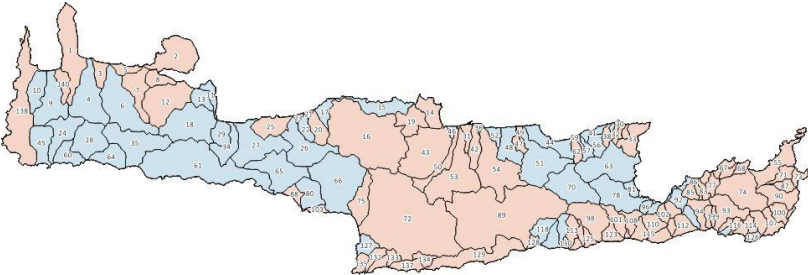
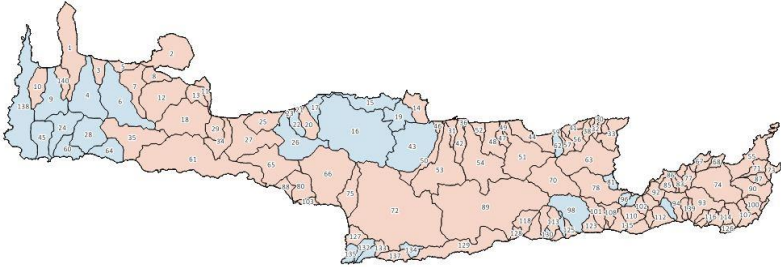
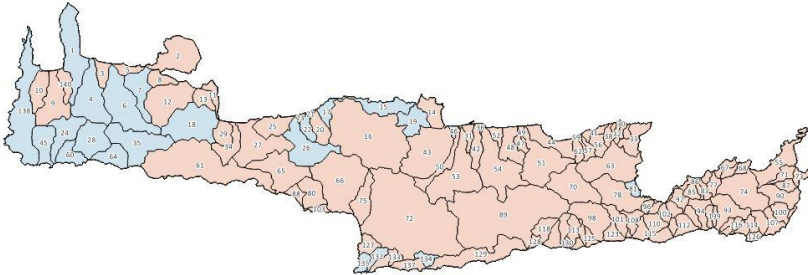
Dark Blue	-50000 -- -40000
Blue	-40000 -- -30000
Light Blue	-30000 -- -20000
Very Light Blue	-20000 -- -10000
White	-10000 - 0
White	0
Light Orange	0 - 10000
Orange	10000 - 20000
Dark Orange	20000 - 30000
Red-Orange	30000 - 40000
Dark Red	40000 - 500000

1:1.000.000

<p>Μεταβολή YA_{απο} Ιανουαρίου 2000-2012</p>	
<p>Μεταβολή YA_{απο} Φεβρουαρίου 2000-2012</p>	
<p>Μεταβολή YA_{απο} Μαρτίου 2000-2012</p>	

<p>Μεταβολή $YA_{\text{πρ}}$ Απριλίου 2000-2012</p>	
<p>Μεταβολή $YA_{\text{πρ}}$ Μαΐου 2000-2012</p>	
<p>Μεταβολή $YA_{\text{πρ}}$ Ιουνίου 2000-2012</p>	

<p>Μεταβολή $YA_{\text{πρ}}$ Ιουλίου 2000-2012</p>	
<p>Μεταβολή $YA_{\text{πρ}}$ Αυγούστου 2000-2012</p>	
<p>Μεταβολή $YA_{\text{πρ}}$ Σεπτεμβρίου 2000-2012</p>	

<p>Μεταβολή YA_{τρ} Οκτωβρίου 2000-2012</p>	
<p>Μεταβολή YA_{τρ} Νοεμβρίου 2000-2012</p>	
<p>Μεταβολή YA_{τρ} Δεκεμβρίου 2000-2012</p>	

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

i. Υπολογισμοί για το έτος 2000, ανά ΛΑΠ

OID	sumWF321	sumWF200	sumWFY200	sumWF300	sumWF	MO_ET	MO_Peff
1	27815833,81	87324860,10	87499626,46	83784663,07	198925356,98	272,80	132,81
2	22887588,76	58230283,95	58230389,31	49980106,61	131097979,32	229,57	130,53
3	0,00	25023340,22	25023409,30	1050455,06	26073795,28	78,16	132,14
4	10481322,21	82295656,24	82460072,25	108498961,76	201275940,21	350,77	135,58
5	630491,23	8476604,36	8558967,48	210163,74	9317259,34	48,65	131,38
6	31809643,70	101126180,73	101341137,41	94004618,71	226940443,14	257,78	135,82
7	29999512,80	36342564,03	36342612,92	26724002,74	93066079,57	198,85	133,72
8	12272628,90	13392749,80	13392770,04	7548640,79	33214019,50	153,63	132,17
9	5179583,56	80027411,99	80431988,20	65740868,32	150947863,88	300,27	134,59
10	15448011,25	33497792,82	33497865,79	25584074,78	74529878,85	237,25	134,02
11	15578469,41	5724618,28	5724630,83	3988463,55	25291551,24	124,08	132,81
12	48248359,14	76005540,83	76005803,62	64609937,05	188863837,02	222,93	134,70
13	1514379,53	30395760,65	30396025,05	11790526,37	43700666,55	207,66	132,75
14	9468874,74	30732312,74	30732371,60	26966912,26	67168099,74	264,59	131,62
15	6880663,13	15316954,46	15464793,24	78319896,03	100517513,62	483,00	132,65
16	53968090,32	183348908,46	186274792,21	303186588,68	540503587,46	329,88	134,94
17	0,00	22131236,90	22383255,99	15122092,05	37253328,94	255,38	131,73
18	48889091,53	69095893,63	69096335,04	88527498,72	206512483,88	228,87	136,18
19	6449534,84	21419556,06	23049457,56	64672858,50	92541949,40	452,77	132,56
20	1903080,05	33359873,74	33359965,36	24907959,42	60170913,21	280,44	133,50
21	0,00	995158,52	995162,43	0,00	995158,52	23,29	131,27
22	817015,49	17740907,88	17740964,65	18499565,13	37057488,50	336,10	133,36
23	0,00	1826704,40	1826713,86	0,00	1826704,40	33,98	131,28
24	12407471,17	44884169,91	44884285,74	58721073,24	116012714,32	329,02	135,28
25	12134969,90	37303796,36	37303874,21	5434178,44	54872944,70	89,22	132,54
26	29407098,55	58356499,06	58508567,92	86276079,01	174039676,62	328,66	134,72
27	49230279,48	89614102,64	89614445,65	35735685,10	174580067,22	154,55	133,78
28	26138224,86	28457850,87	28457909,57	82657892,89	137253968,62	365,96	136,09
29	18111000,08	18637482,64	18637537,66	14109732,62	50858215,33	190,44	137,12
30	1139374,38	759582,92	759584,62	1627677,68	3526634,98	241,03	130,50
31	0,00	3075969,10	3075980,06	0,00	3075969,10	28,36	130,89
32	6318757,31	2123952,04	2123953,88	3929311,27	12372020,62	219,80	132,17
33	19351964,43	30119222,83	30119482,52	13434822,42	62906009,69	139,94	131,00
34	21253812,70	27801195,76	27801245,77	14756794,13	63811802,60	166,27	135,65
35	17399802,36	6919806,13	6919826,47	155695637,87	180015246,37	353,35	131,12
36	141078,49	12825,32	12825,34	0,00	153903,80	26,72	129,90
37	2279105,53	1092071,40	1092072,23	949627,30	4320804,24	130,04	131,19
38	14824511,36	1624603,99	1624605,28	5381500,70	21830616,05	168,71	132,02
39	3260929,05	2743321,26	2743325,21	2122191,92	8126442,23	181,45	131,78
40	4270956,91	2898149,34	2898159,38	2491391,53	9660497,78	180,83	131,66
41	3822554,92	8088304,62	8088321,32	9584086,98	21494946,51	273,08	130,29
42	1194347,66	29589000,05	31276087,38	3197769,54	33981117,24	83,70	131,41
43	33414304,07	123542902,38	137310402,94	95794732,28	252751938,74	238,16	133,39
44	11150041,09	33395196,97	33395269,62	37569596,59	82114834,65	294,70	131,10
45	20013236,43	25872183,91	25872232,47	50642189,58	96527609,91	348,64	134,25
46	168750,45	1546879,11	1567351,85	0,00	1715629,56	29,30	130,16
47	3453998,98	5517709,05	5517728,12	282402,43	9254110,46	45,26	130,95
48	15254193,77	19783171,37	20382119,14	1592607,51	36629972,64	51,84	131,04
49	764661,36	2832079,11	2832086,62	198245,54	3794986,01	59,00	129,95

50	7535782,50	34616241,53	37089775,90	6085043,62	48237067,64	95,63	132,79
51	32463010,80	91505768,31	92895218,98	72017456,00	195986235,10	234,26	132,26
52	1798448,85	3972692,98	4282660,74	0,00	5771141,83	27,96	130,42
53	7895091,37	99412147,28	111696064,60	4442575,53	111749814,18	52,89	131,60
54	14182296,71	81934240,10	89634541,97	3539635,19	99656171,99	49,49	131,35
55	31483886,71	30019519,88	30152717,72	52379274,84	113882681,43	284,78	129,60
56	5376397,66	18346264,17	18346316,88	15464071,61	39186733,44	271,66	131,53
57	5270783,31	8565022,88	8565050,65	12023974,42	25859780,61	295,99	133,28
58	784464,89	3137859,57	3137870,31	2689593,91	6611918,37	281,06	130,92
59	0,00	903510,90	903511,66	496931,00	1400441,90	122,41	129,70
60	19621051,13	8983131,84	8983156,46	37350916,60	65955099,57	379,57	133,76
61	175985464,12	56731135,51	56932931,72	184466691,31	417183290,93	246,47	135,71
62	5620669,68	6351356,74	6351378,69	15232014,84	27204041,26	346,45	133,15
63	40151449,54	71892798,17	71892955,40	90991866,06	203036113,78	278,07	132,99
64	11223929,90	0,00	0,00	64103682,12	75327612,02	486,83	135,86
65	59755289,00	67331316,41	67492506,07	38482205,43	165568810,84	165,97	133,95
66	55380922,72	134205927,50	134537439,91	97336167,20	286923017,42	207,64	134,11
67	7585106,39	6636968,09	6636977,58	5641422,88	19863497,36	132,18	130,30
68	2006105,07	8024420,28	8024436,47	2472641,13	12503166,48	114,53	129,66
69	2256238,78	10986901,88	10986925,89	2501482,12	15744622,78	128,98	130,62
70	33932801,75	49268286,04	53632176,21	71614277,44	154815365,24	244,88	132,82
71	10736738,81	13290623,29	13290651,58	7401052,97	31428415,07	173,57	129,72
72	91362213,92	460154738,26	466199257,46	149805774,47	701322726,65	142,27	131,98
73	13020227,24	1370550,24	1370552,66	2604045,45	16994822,93	118,02	129,18
74	43274267,84	82191737,23	83171079,04	29469580,59	154935585,67	140,68	131,51
75	8126240,57	46370360,28	46370462,91	24073987,70	78570588,56	198,76	132,53
76	2317693,83	5456237,56	5456246,58	2124552,68	9898484,06	143,08	130,86
77	6305005,22	7068391,50	7068410,90	593744,89	13967141,61	58,90	132,13
78	30844005,95	45234255,21	45234350,02	76838500,75	152916761,92	306,24	133,03
79	55882,72	4358851,99	4358859,67	4526500,14	8941234,85	299,37	130,40
80	20080365,68	35078968,06	35079013,05	18600240,45	73759574,18	168,76	133,57
81	0,00	4440695,49	4440710,11	15962500,01	20403195,51	525,77	129,69
82	0,00	196289,26	196289,96	0,00	196289,26	27,26	129,38
83	5865718,44	5658082,39	5658094,52	5242810,29	16766611,12	205,02	132,59
84	2658416,95	4757167,17	4757176,58	1539083,50	8954667,62	128,56	132,05
85	9329721,36	9177606,34	9177622,56	6338125,92	24845453,62	175,65	132,19
86	0,00	622815,17	622817,95	0,00	622815,17	39,32	129,82
87	10143825,93	3266655,81	3266663,70	773681,64	14184163,38	59,70	130,30
88	7479039,30	9439063,40	9439078,59	6137970,19	23056072,88	186,86	132,29
89	88672946,49	357023204,79	366927203,69	65200695,95	510896847,23	93,73	131,61
90	33623097,15	10964053,42	10964170,66	3654684,47	48241835,04	69,22	131,23
91	2427355,24	93359,82	93359,88	1073637,89	3594352,95	140,25	129,34
92	8133647,25	11986427,52	11986458,38	12896111,75	33016186,52	249,84	131,44
93	23453375,27	44250705,91	45074341,75	20847444,68	88551525,86	163,50	131,41
94	12870289,54	20661499,29	20661535,28	10355405,37	43887194,21	162,34	131,76
95	0,00	730549,47	730549,92	162344,33	892893,79	100,90	129,34
96	291547,91	6180815,72	6180822,91	11020511,05	17492874,68	403,76	130,89
97	2890714,43	7744933,01	7744952,51	12053733,77	22689381,21	300,74	131,41
98	5343278,01	30352022,51	30352094,94	97280710,99	132976011,52	408,21	133,29
99	1073692,48	2207034,54	2207037,52	11512369,35	14793096,36	496,31	130,50
100	16228616,49	5984302,33	5984338,46	1758100,12	23971018,94	70,44	130,94
101	8357845,99	23553929,60	23553973,82	14993469,16	46905244,75	203,08	132,21

102	2436981,36	13456375,31	13456405,01	6463298,38	22356655,04	203,95	129,58
103	3624366,46	4983503,89	4983517,70	2567259,58	11175129,93	164,20	131,38
104	1836290,71	11286469,73	11286488,21	2194591,34	15317351,78	112,59	130,81
105	3317758,23	5377056,44	5377065,52	17790048,42	26484863,09	401,71	132,80
106	3593718,59	0,00	0,00	692765,03	4286483,62	107,73	129,35
107	21694405,83	4601843,66	4601847,38	10215081,53	36511331,02	177,88	131,49
108	743994,02	25016798,87	25016843,99	5533455,51	31294248,40	128,54	130,36
109	10958000,05	8354118,85	9472080,56	14104356,50	33416475,39	265,90	132,10
110	1175970,70	31751209,03	31751271,24	10436740,01	43363919,74	157,99	129,89
111	4367886,94	11751695,82	11751714,40	17107557,19	33227139,95	289,89	133,82
112	3744872,73	18669292,02	18669331,63	20431585,07	42845749,82	299,66	130,89
113	3829482,04	11056955,20	11056971,74	22383592,23	37270029,48	343,40	133,64
114	6982269,80	6929771,53	7063570,52	6299792,30	20211833,63	208,16	131,71
115	3565668,03	37732892,05	37732958,89	9478358,05	50776918,13	126,05	129,43
116	7026639,76	2868016,23	2868020,39	2724615,42	12619271,40	143,11	131,27
117	5588820,62	4776769,76	4776777,34	2436152,58	12801742,97	138,84	131,05
118	12057433,52	21112423,13	21112463,92	10294093,44	43463950,09	155,11	132,73
119	4198074,43	4436601,38	4436609,82	2099037,21	10733713,02	136,15	130,19
120	1696531,99	3562717,18	3562722,19	11084009,00	16343258,17	401,17	133,29
121	4472014,66	19589368,56	19589399,97	7145501,68	31206884,90	157,42	131,29
122	8544994,01	1424165,67	1424167,94	5254680,23	15223839,90	164,76	130,61
123	1992011,18	18819263,47	18819301,68	10012477,22	30823751,87	213,39	130,02
124	1061219,01	181404,96	181406,53	0,00	1242623,97	18,90	129,87
125	2223392,30	7670703,44	7670713,86	9727341,32	19621437,06	298,92	130,62
126	5458572,44	3306635,23	3306639,54	4251388,15	13016595,83	197,49	129,58
127	3098570,40	19830850,56	20331207,87	18704097,69	41633518,65	296,14	129,71
128	5407242,24	3587497,26	3587501,35	3587497,26	12582236,76	196,75	130,65
129	77498643,16	11611294,97	12053948,40	65887348,19	154997286,31	271,47	131,24
130	663784,14	4238006,44	4238011,96	1480749,24	6382539,81	171,28	130,22
131	0,00	6281302,25	6281310,92	1020711,62	7302013,86	93,27	129,77
132	2506277,09	5310920,50	5310934,06	25241790,68	33058988,26	505,35	130,46
133	1352101,87	13313003,06	13313034,15	5200391,82	19865496,76	189,58	130,30
134	8353899,73	2610593,66	2610598,84	16765812,65	27730306,04	397,63	131,04
135	2604401,03	0,00	0,00	25156146,28	27760547,30	507,62	130,11
136	2303965,47	5817512,81	5817522,20	13420598,87	21542077,16	378,90	130,01
137	11493042,80	6928049,16	6928057,08	16809917,74	35231009,70	268,05	130,02
138	73436147,14	73436147,14	73509942,78	156340476,76	303212771,03	331,49	132,92
139	4126188,54	4076475,43	4076483,52	2336516,40	10539180,37	158,99	131,24
140	6797620,86	24462490,85	24462559,79	3175204,48	34435316,19	100,81	133,44

ii. Υπολογισμοί για το έτος 2006, ανά ΛΑΠ

OID	sumWF321	sumWF200	sumWFY200	sumWF300	sumWF	MO_ET	MO_Peff
1	28400325,41	84643013,05	84643230,12	83136512,48	196179850,93	265,12	128,65
2	22191076,38	58562791,82	58562898,18	50389980,76	131143848,96	227,74	129,86
3	122678,39	26866568,23	26866631,13	1308569,53	28297816,16	85,19	129,26
4	13676454,07	78119905,64	78242130,31	99400468,17	191196827,88	311,35	128,39
5	719778,71	9143855,50	9143886,43	266584,71	10130218,92	55,54	129,81
6	30108677,80	94747934,92	94889542,37	88885189,08	213741801,79	222,14	128,99
7	29611745,21	34991041,48	34991079,76	26076779,08	90679565,77	184,98	129,11
8	12531250,13	12481125,12	12481142,83	8320750,08	33333125,33	163,40	129,45
9	5435992,16	76652980,38	77039383,95	63090454,48	145179427,03	278,63	128,16
10	15008947,30	32746794,11	32746916,30	24140264,89	71896006,29	215,49	128,24
11	14954333,49	5526601,51	5526641,12	3529594,24	24010529,23	115,86	129,01
12	44819565,28	73610608,90	73610875,28	62757440,63	181187614,82	201,00	128,98
13	1603900,46	29423277,36	29423542,78	12388748,36	43415926,18	214,74	129,09
14	9079324,75	29989284,79	29989344,22	27513105,31	66581714,86	262,88	128,28
15	6499337,06	14169725,85	14341299,29	75825599,09	96494662,00	462,99	128,29
16	49101196,10	173625879,01	175300246,97	275169177,34	497896252,45	279,14	128,30
17	0,00	23673890,20	23674127,23	11378566,81	35052457,01	207,46	129,25
18	46870261,44	65608477,78	65608823,61	84593900,13	197072639,35	203,22	128,81
19	6377200,16	20638938,69	22054943,14	63656052,49	90672191,34	427,90	127,88
20	2044613,55	31774399,71	31774621,18	25585299,24	59404312,50	277,19	128,55
21	0,00	1904674,95	1904678,85	91791,56	1996466,52	47,81	129,92
22	1476260,79	17488012,42	17488062,87	16863440,55	35827713,76	304,04	128,83
23	0,00	2062111,62	2062117,90	0,00	2062111,62	39,78	130,03
24	11786236,28	42927851,40	42928036,84	54605957,07	109320044,76	297,46	127,96
25	13870264,05	36430847,87	36638564,75	6121752,34	56422864,27	94,39	129,05
26	25715561,47	57378190,69	57524306,37	84305191,89	167398944,04	313,50	128,37
27	46923227,19	91195979,20	91287931,55	32247447,97	170366654,37	141,68	128,42
28	24902059,85	29087279,99	29514942,92	72927460,98	126916800,82	311,98	128,25
29	17599645,87	17035225,74	17035268,25	13443461,28	48078332,90	183,63	128,74
30	1786423,24	568407,39	568408,37	243603,17	2598433,80	87,74	127,73
31	0,00	3436127,01	3436139,91	0,00	3436127,01	33,77	129,05
32	5354561,13	1537448,25	1537451,37	5407576,59	12299585,97	270,10	127,38
33	3775978,72	29222791,86	29222858,16	37212543,94	70211314,53	308,54	127,58
34	20469349,61	26741430,61	26741474,10	13759681,57	60970461,80	150,91	128,50
35	17294275,54	6390391,22	6390399,40	136745434,53	160430101,29	274,48	116,78
36	145847,62	14584,76	14584,79	0,00	160432,38	30,38	129,39
37	2387805,89	1123673,36	1123675,72	702295,85	4213775,10	124,94	127,47
38	10120546,92	2045642,46	2045648,02	10981870,06	23148059,45	294,01	127,36
39	2573150,06	2197899,01	2197904,40	3645295,92	8416345,00	273,76	127,42
40	3369562,40	2799328,76	2799335,46	3628759,50	9797650,66	232,98	127,39
41	3613459,00	6131930,42	6131946,83	10785627,62	20531017,04	298,94	128,02
42	1312136,09	29741751,35	31441157,31	3379744,47	34433631,91	86,18	128,52
43	31304992,80	117886814,58	127578102,80	92195479,61	241387286,99	211,06	128,14
44	11091388,17	30677156,54	30677276,96	37440198,10	79208742,80	296,84	128,01
45	22135161,13	23901558,02	24120730,97	45650319,83	91687038,98	309,32	127,97
46	183039,44	1630714,99	1663597,32	0,00	1813754,43	34,67	129,32
47	4020547,71	6683507,89	6683526,90	417719,24	11121774,84	54,39	128,09
48	15242564,64	19313710,68	19842936,74	1163184,58	35719459,91	50,49	128,13
49	763758,48	2908157,30	2908165,22	176251,96	3848167,74	61,20	128,83

50	7237662,80	32686219,08	35125290,51	6109209,99	46033091,87	88,33	128,25
51	31124370,98	87550175,98	88683518,67	70081365,11	188755912,07	228,12	127,57
52	2187524,82	4710363,67	5056868,14	0,00	6897888,49	33,27	128,89
53	8284297,60	104126428,71	118094154,61	4634944,64	117045670,95	55,50	127,94
54	16008058,23	93063796,13	101802410,53	4395432,94	113467287,30	56,53	127,82
55	19689384,69	29218358,04	29218419,98	67563865,25	116471607,97	340,04	128,00
56	4797998,16	17251229,35	17251274,63	15633926,59	37683154,10	271,10	127,45
57	2530465,61	7749550,93	7749571,05	14286587,08	24566603,61	324,56	127,62
58	497457,77	3040019,70	3040028,61	2818927,36	6356404,84	290,31	127,98
59	0,00	473393,35	473418,83	520732,69	994126,04	164,05	128,59
60	19522967,59	9361890,89	9512800,71	34821667,34	63706525,81	346,80	128,00
61	159882994,06	57038549,89	57809789,25	174859868,20	391781412,16	215,51	128,53
62	2889600,81	5886223,88	5886239,05	17123560,37	25899385,07	364,76	127,85
63	10853965,73	54860886,20	54861003,46	132880481,46	198595333,39	366,09	127,56
64	11794541,79	0,00	0,00	58007700,96	69802242,75	416,64	128,45
65	56483263,87	69453857,39	69792272,16	35534531,69	161471652,94	150,96	128,09
66	56673072,45	128526432,16	129155693,72	86744498,64	271944003,25	173,42	127,93
67	3933809,01	7490403,46	7490416,33	10993110,11	22417322,58	249,54	127,57
68	0,00	8479207,90	8479291,88	4769554,45	13248762,35	129,75	128,10
69	0,00	11916850,61	11916880,65	5630438,59	17547289,20	221,88	127,41
70	9681863,33	46563007,84	48588596,53	87001674,22	143246545,40	262,25	128,10
71	6479996,79	13838637,22	13838666,33	12850163,13	33168797,15	253,13	127,78
72	86360760,93	443134986,57	448648676,83	142429796,52	671925544,03	124,44	127,64
73	12566344,89	1545042,40	1545044,69	5047138,52	19158525,81	180,97	128,15
74	35646691,20	85653906,58	85913172,58	39262284,17	160562881,95	163,67	127,39
75	7680754,72	44895250,16	46420595,83	24082882,53	76658887,41	181,63	127,90
76	2592053,28	5387404,86	5486572,85	3049474,45	11028932,60	172,45	127,36
77	7593323,58	11412450,82	11445291,33	3190094,52	22195868,92	109,93	127,29
78	8367098,68	37016468,19	37016617,02	102894131,18	148277698,05	370,47	127,51
79	0,00	3539887,60	3539894,86	5337925,75	8877813,35	338,76	127,64
80	19825738,43	34000662,53	34550085,33	17862319,89	71688720,85	154,23	127,84
81	0,00	3579019,88	3579030,28	15548201,12	19127221,00	521,16	127,71
82	0,00	215472,69	215473,50	0,00	215472,69	32,06	128,11
83	5234057,55	5636677,37	5733890,58	5334712,51	16205447,43	195,51	127,47
84	1835616,56	4911514,57	4980381,19	2778230,46	9525361,58	174,72	127,49
85	8472124,94	8472124,94	8497077,04	7914080,78	24858330,66	195,57	127,46
86	0,00	688329,42	688332,52	0,00	688329,42	43,46	127,77
87	13883630,98	4830981,31	4830989,34	2698385,96	21412998,24	102,34	127,55
88	7502450,47	8847717,45	8847730,44	6778075,94	23128243,85	190,84	128,24
89	83372168,16	364783326,70	374785427,99	70774063,83	518929558,69	94,21	127,24
90	38912180,74	13416552,11	13416647,72	8150241,94	60478974,80	98,13	127,48
91	2402746,00	90669,66	90669,72	906696,60	3400112,27	131,70	127,85
92	6769501,58	11872664,30	11886714,77	13226564,62	31868730,50	241,68	127,66
93	19112428,22	44219907,65	44743062,86	26849631,06	90181966,94	190,27	127,39
94	10969484,86	18928738,99	19057283,82	15510341,38	45408565,24	209,39	127,47
95	0,00	0,00	0,00	1017974,15	1017974,15	421,56	127,73
96	0,00	3681771,90	3681783,18	13403950,81	17085722,70	472,35	127,25
97	2399239,03	7614976,06	7726189,17	11683250,95	21697466,05	278,69	127,66
98	1383180,34	26379225,13	26389999,61	91487499,89	119249905,37	367,76	127,68
99	0,00	1458266,25	1458271,77	12716081,72	14174347,97	542,79	127,30
100	16230639,68	9200808,48	9200848,61	11320095,83	36751544,00	195,75	127,65
101	3502996,37	21728731,13	22065877,02	21779499,19	47011226,69	259,96	127,41

102	930371,71	12368470,99	12368503,26	9632083,60	22930926,31	272,48	127,48
103	3444725,43	5116430,42	5116442,71	2684859,53	11246015,37	163,43	127,95
104	1919087,29	10529046,51	10529069,15	5238589,64	17686723,44	200,19	127,42
105	2439440,83	5204140,44	5447568,16	17455554,39	25099135,67	377,24	127,56
106	3709272,01	0,00	0,00	859465,47	4568737,48	122,00	128,31
107	11965883,78	4994933,14	4995004,82	22669311,94	39630128,86	323,88	127,56
108	0,00	22110562,07	22479280,06	12694063,87	34804625,95	234,63	127,28
109	4911983,09	8093608,51	8677524,17	21378290,05	34383881,65	356,97	127,29
110	156741,05	26854966,68	27063104,92	18234208,89	45245916,62	221,63	127,43
111	4090011,55	10605495,05	10634915,64	15694230,35	30389736,95	251,23	127,42
112	876201,41	17195452,69	17195571,95	24533639,50	42605293,60	334,06	127,48
113	1174872,30	9937461,56	9954042,31	22714197,85	33826531,71	327,42	127,43
114	6383212,29	6590796,43	6688296,50	7005964,71	19979973,42	219,54	127,31
115	50621,57	36396910,06	37487564,00	19388061,96	55835593,59	213,46	127,63
116	5863601,15	3032897,15	3032903,92	4448249,15	13344747,44	186,52	127,24
117	3038613,88	5291379,34	5291463,23	5710498,49	14040491,71	247,34	127,26
118	11820122,05	20441858,14	20567393,77	10197752,36	42459732,55	147,26	126,86
119	2934741,58	4716548,97	4716559,54	4140081,88	11791372,43	218,58	127,61
120	258683,82	3311152,92	3311158,36	11382088,15	14951924,89	394,89	127,38
121	4620306,13	18858392,38	19087758,51	6789021,26	30267719,77	148,79	126,59
122	6970555,56	1290843,62	1290845,75	7745061,73	16006460,91	225,40	127,59
123	1223032,56	15420845,27	16680124,60	14623215,35	31267093,18	286,49	127,43
124	1144276,67	195602,85	195603,32	0,00	1339879,52	20,38	127,78
125	0,00	7374156,71	7374176,41	11766117,70	19140274,41	349,95	127,16
126	2853372,61	3860445,30	3860454,67	6881663,36	13595481,28	304,37	128,06
127	3046606,04	19830635,67	20228872,63	17725707,86	40602949,57	276,26	127,10
128	5231989,96	3352537,26	3352540,74	3708109,39	12292636,61	202,74	126,51
129	74277132,59	11953242,00	12299843,98	63837619,93	150067994,52	256,56	127,23
130	681545,84	4137956,90	4390128,28	1265727,99	6085230,74	154,88	126,76
131	0,00	6275422,27	6316393,34	1159154,43	7434576,71	95,60	127,00
132	2431606,44	7468505,48	7468519,03	22173934,88	32074046,80	435,49	126,96
133	1186544,24	13567875,44	13567902,30	5313654,64	20068074,31	184,63	127,17
134	11021744,11	2455339,04	2455342,61	12604073,71	26081156,86	303,51	127,23
135	3586296,76	57843,50	57843,57	23368772,44	27012912,69	462,87	127,18
136	2330036,41	5739845,78	5739853,97	13355086,72	21424968,91	361,07	127,35
137	11323716,53	7409989,62	7409997,04	15498358,57	34232064,72	237,24	127,49
138	72750098,43	73935321,13	76536478,46	148830108,27	295515527,83	309,42	128,30
139	3243604,94	4067377,62	4067384,91	3604005,49	10914988,05	208,92	127,44
140	7258590,20	24965851,65	24965921,10	3328780,22	35553222,07	103,29	128,53

iii. Υπολογισμοί για το έτος 2012, ανά ΛΑΠ

OID	sumWF321	sumWF200	sumWFY200	sumWF300	sumWF	MO_ET	MO_Peff
1	28406487,70	84661378,86	84661644,22	83154551,42	196222417,98	268,79	131,57
2	21942124,48	57832787,74	57832914,62	49946498,50	129721410,71	233,14	131,75
3	121074,97	26475059,53	26475138,85	1291466,32	27887600,82	84,08	130,93
4	13917377,50	79496060,27	79622209,98	101151499,66	194564937,42	321,35	133,19
5	722875,75	8969013,95	8969051,23	267731,76	9959621,46	55,78	130,94
6	31181242,94	98123152,30	98289008,05	92051557,14	221355952,38	234,64	135,15
7	29535349,86	34696371,20	34696419,38	26009503,59	90241224,65	187,78	133,50
8	12356057,61	11363603,19	11363622,67	8237371,74	31957032,54	168,65	132,38
9	5573547,54	78592650,19	78986939,09	64686930,56	148853128,29	289,51	132,60
10	15520457,28	33862815,87	33862962,37	24962973,24	74346246,39	223,02	132,30
11	14503400,56	5359952,38	5359992,64	3423162,87	23286515,81	113,55	132,31
12	45715011,18	75081268,37	75081613,43	64011265,66	184807545,21	207,62	134,59
13	1576545,51	28921455,48	28921713,54	12177454,94	42675455,92	210,90	132,32
14	9054517,81	30274308,03	30274379,56	27774594,52	67103420,37	272,38	131,03
15	6538756,29	14255666,87	14421322,38	76285490,05	97079913,21	479,47	131,49
16	52426172,19	185761601,87	187828575,78	293424421,46	531612195,52	302,79	133,90
17	0,00	23665663,02	23665903,47	11374612,52	35040275,54	212,94	130,67
18	47386911,36	66161915,23	66162314,91	85386320,78	198935147,37	205,25	135,22
19	6401479,28	20717514,76	22101076,10	63898402,28	91017396,32	445,31	131,90
20	2084094,05	32387948,12	32388189,43	26079339,10	60551381,27	283,25	132,57
21	0,00	1963650,43	1963655,95	94633,76	2058284,19	49,29	130,20
22	1485413,57	17596437,68	17596496,56	16625205,73	35707056,98	303,58	132,58
23	0,00	2746813,46	2746825,98	0,00	2746813,46	52,99	130,40
24	12179482,63	44304264,79	44304483,52	56092663,11	112576410,52	312,81	133,46
25	13710443,01	35881444,19	36095020,15	6421346,72	56013233,92	97,97	131,30
26	26371870,73	58277881,36	58420712,85	86569759,81	171219511,89	319,72	133,33
27	46825415,87	91101175,59	91194215,83	32213924,85	170140516,32	143,10	132,78
28	25967332,57	30204679,73	30659871,13	75620349,24	131792361,54	328,54	134,90
29	17642507,87	17076713,16	17076769,91	13476201,35	48195422,38	184,07	134,15
30	1778452,79	565871,34	565872,57	242516,29	2586840,42	88,01	131,07
31	0,00	3440057,23	3440072,46	0,00	3440057,23	34,29	129,92
32	5616837,01	1612755,18	1612759,79	5672449,26	12902041,46	277,41	133,02
33	3906753,94	30234878,30	30234977,71	38501343,15	72642975,38	320,04	131,66
34	20706814,53	27051657,93	27051720,77	13919307,63	61677780,09	154,26	134,00
35	18808563,06	6561126,65	6561141,60	148718870,69	174088560,40	303,58	129,71
36	131493,92	14610,44	14610,47	0,00	146104,36	30,44	129,30
37	2426472,51	1141869,41	1141872,91	713668,38	4282010,30	126,82	131,85
38	10561626,38	2134796,82	2134805,18	11460488,20	24156911,40	301,39	132,83
39	2685262,34	2293661,58	2293669,47	3804121,65	8783045,58	281,53	132,63
40	3504913,35	2911774,17	2911783,91	3774522,07	10191209,60	239,07	132,52
41	3717713,76	6308847,60	6308871,83	11096812,30	21123373,66	307,84	130,74
42	1341529,92	30245401,74	32024892,19	3455455,84	35042387,50	89,39	130,97
43	32272040,00	122056528,50	132999496,47	95241874,13	249570442,63	226,05	133,18
44	11465093,31	31654842,99	31654997,96	38701680,83	81821617,13	303,38	131,57
45	22787885,30	24606369,91	24934850,23	46996461,70	94390716,91	329,02	133,05
46	180570,04	1231159,37	1262855,47	0,00	1411729,41	34,20	128,94
47	4108610,77	6829898,42	6829924,69	426868,65	11365377,85	55,58	131,17
48	14694178,80	18954054,74	19509438,62	1029071,15	34677304,69	49,86	131,19
49	777927,41	2962108,22	2962118,67	179521,71	3919557,35	62,33	129,99

50	7602164,80	34332357,15	36981322,32	6416881,04	48351402,98	94,17	132,66
51	32333488,00	90469527,67	91837746,22	72696815,73	195499831,40	231,95	133,15
52	1940031,01	4866244,46	5210579,56	0,00	6806275,48	33,68	130,12
53	8308298,42	103813658,04	116857072,60	4648372,75	116770329,20	55,66	131,45
54	16174420,17	94350784,31	103475613,61	4456217,80	114981422,28	57,31	131,48
55	19715338,59	29946622,18	29946708,53	66963176,27	116625137,04	352,39	131,59
56	4977688,25	17897306,06	17897372,09	16219433,62	39094427,92	277,70	132,16
57	2677207,75	8198948,73	8198980,97	15115068,75	25991225,23	333,80	133,53
58	510928,45	3122340,54	3122353,42	2895261,23	6528530,23	295,58	131,40
59	0,00	485571,53	485600,67	534128,68	1019700,22	169,30	130,01
60	19653547,97	9424508,38	9571460,90	35054573,87	64132630,22	365,36	132,50
61	166550777,96	59417293,96	60358004,79	182152249,86	408120321,79	226,43	134,90
62	3041241,53	6195121,63	6195146,97	18022172,01	27258535,16	373,52	133,47
63	11480266,38	57799162,90	57799362,72	139922850,60	209202279,88	381,49	133,30
64	11991279,47	0,00	0,00	58975292,69	70966572,16	439,84	135,18
65	56702484,24	69723418,66	70073620,68	35672446,76	162098349,66	154,82	132,87
66	58797995,67	133745440,83	134470186,83	89596945,78	282140382,29	185,99	133,77
67	4002738,11	7621652,02	7621669,49	11185733,91	22810124,04	260,20	132,01
68	0,00	8641321,09	8641417,37	4860743,11	13502064,20	136,56	131,54
69	0,00	12123159,45	12123199,67	5727914,79	17851074,24	231,38	132,50
70	10628296,06	50669783,55	56366229,30	95506362,76	156804442,38	269,34	130,01
71	6610531,05	14117405,29	14117446,72	12996976,30	33724912,65	261,96	131,87
72	90487665,69	464708645,40	470758195,58	149423087,74	704619398,82	134,16	132,34
73	12624359,72	1552175,38	1552178,61	5070439,56	19246974,66	188,18	131,01
74	36499386,21	86582350,82	86879068,99	39973049,39	163054786,42	171,48	133,30
75	7891823,04	46128978,52	48571005,53	24744683,84	78765485,39	195,31	132,83
76	2641440,17	5490052,12	5604248,40	3107576,67	11239068,97	180,72	132,24
77	7831555,39	11770503,36	11808241,72	3290180,07	22892238,82	115,61	133,67
78	8916439,80	39446781,16	39447017,01	109649636,33	158012857,29	386,86	133,61
79	0,00	3610834,15	3610844,78	5444908,63	9055742,78	353,78	131,54
80	20250372,84	34812989,62	35415680,50	17994883,37	73058245,82	159,91	133,18
81	0,00	3655500,89	3655515,53	15520897,21	19176398,10	551,19	130,28
82	0,00	218810,25	218811,34	0,00	218810,25	32,56	130,49
83	5445445,09	5864325,48	5981413,92	5550165,19	16859935,77	206,45	133,83
84	1896952,56	5075629,82	5158967,44	2871063,33	9843645,72	185,17	133,50
85	8832566,03	8832566,03	8862851,32	8250780,24	25915912,29	205,98	133,55
86	0,00	701096,05	701100,03	0,00	701096,05	44,26	130,92
87	14040752,88	4885653,82	4885665,47	2728923,76	21655330,45	105,11	132,12
88	7561813,47	8917724,85	8917740,18	6779556,90	23259095,22	195,88	131,86
89	84543715,08	369298990,27	379978306,58	71768582,00	525611287,36	95,39	132,60
90	39354048,61	13737986,89	13738105,99	8073709,22	61165744,73	100,50	133,09
91	2495500,83	94169,84	94169,92	941698,43	3531369,11	138,61	130,36
92	7091942,93	12438176,83	12454895,42	13856565,42	33386685,17	253,95	132,92
93	19616670,25	45386558,78	46060366,43	27558003,25	92561232,27	198,68	133,01
94	11417557,41	19701924,64	19854039,69	16143895,13	47263377,18	218,82	133,30
95	0,00	0,00	0,00	1047302,65	1047302,65	444,37	130,29
96	0,00	3835737,39	3835755,41	13964481,43	17800218,82	491,94	132,02
97	2546167,47	8081314,15	8221799,53	12398728,56	23026210,18	293,76	133,06
98	1528318,50	29147217,20	29164889,21	101087352,52	131762888,22	383,58	133,75
99	0,00	1502910,94	1502918,91	13105383,38	14608294,32	565,34	131,73
100	16711463,29	9473377,28	9473432,89	11655447,33	37840287,90	204,09	132,54
101	3753779,74	23284314,90	23852052,52	23338717,50	50376812,14	270,75	133,44

102	962225,04	12791932,90	12791980,13	9961859,25	23716017,19	283,68	131,06
103	3470690,81	5154996,64	5155013,04	2705097,25	11330784,70	168,84	131,39
104	1972225,87	10820590,57	10820623,24	5383643,58	18176460,01	207,76	132,21
105	2558806,46	5458787,11	5773900,33	18309681,76	26327275,33	399,91	133,85
106	3799835,74	0,00	0,00	880449,74	4680285,49	126,77	130,62
107	12320349,83	5142898,32	5142983,41	23340846,24	40804094,40	338,24	133,09
108	0,00	23185426,01	23839149,48	13311162,23	36496588,24	244,47	131,29
109	5031198,10	8290042,33	8955356,33	21897146,30	35218386,73	371,73	133,63
110	161546,35	27678274,38	28018534,67	18793225,21	46633045,94	230,44	130,88
111	4416813,79	11452900,88	11513602,42	16948238,97	32817953,64	258,73	133,72
112	908109,22	17821643,36	17821802,18	25427058,04	44156810,61	350,44	132,20
113	1294356,22	10948096,38	10983575,64	25024220,30	37266672,91	336,84	133,89
114	6615735,45	6830881,32	6940552,98	7261173,06	20707789,83	228,02	133,27
115	52498,11	37851134,29	39824512,86	20001778,32	57905410,72	222,74	130,20
116	5994282,81	3100491,11	3100501,02	4547386,96	13642160,88	193,48	132,78
117	3190325,26	5555566,41	5555672,35	5995611,27	14741502,94	258,26	132,45
118	12101713,13	20928845,05	21134243,49	10440693,68	43471251,86	148,28	133,55
119	3014878,28	4845340,09	4845355,56	4253131,86	12113350,23	228,60	131,40
120	278186,20	3560783,41	3560793,05	12240192,97	16079162,58	405,23	133,94
121	4811979,90	19247919,61	19611322,40	6833011,46	30892910,97	148,46	132,20
122	7156766,69	1325327,16	1325330,17	7951962,99	16434056,84	233,98	131,89
123	1285694,09	16210925,52	18462196,43	15372429,37	32869048,98	296,63	131,03
124	1229440,96	210160,85	210161,54	0,00	1439601,81	21,89	131,00
125	0,00	7700785,39	7700816,52	12287282,56	19988067,95	359,07	131,74
126	2894265,95	3915771,58	3915784,82	6980288,47	13790326,01	318,04	130,70
127	3092386,39	20128624,16	20529765,50	17992066,29	41213076,84	290,66	129,96
128	5384357,18	3450170,62	3450175,26	3816097,81	12650625,61	206,29	131,35
129	77186682,18	12421468,88	12807361,26	66338237,75	155946388,81	267,63	132,16
130	699954,23	4249722,10	4653468,17	1299915,00	6249591,33	157,50	131,05
131	0,00	6417314,72	6484986,80	1185363,87	7602678,59	97,84	130,61
132	2477254,11	7844638,00	7844655,05	22354269,20	32676161,31	453,94	130,60
133	1219973,30	13950129,48	13950166,44	5463358,70	20633461,48	194,39	130,57
134	11435526,06	2547518,18	2547523,08	13077260,00	27060304,23	321,86	131,27
135	3638305,63	58682,35	58682,43	23707668,94	27404656,92	486,69	130,21
136	2346760,37	5781043,84	5781054,08	13450943,59	21578747,81	381,42	130,02
137	11817824,14	7733322,71	7733332,84	16174625,67	35725772,52	254,77	129,80
138	73104191,01	74975749,05	78606018,55	148873934,38	296953874,44	317,73	131,47
139	3355887,04	4208175,81	4208186,49	3728763,38	11292826,22	218,28	132,76
140	7305321,36	25126583,02	25126667,78	3350211,07	35782115,45	104,97	131,36