

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Ανάπτυξη μοντέλου υπολογισμού εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας σε περιβάλλον Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών (G.I.S.)»



Σπουδαστής: Θεόδωρος Κορομηλάς
Α.Μ. 11261

Εισηγητής: Δρ. Νικόλαος Μαλάμος

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	ii
Πρόλογος.....	1
1 Εισαγωγή.....	4
1.1 Γενικά.....	4
1.2 Σκοπός Εργασίας.....	5
1.3 Διάθρωση Εργασίας.....	5
2 Βιβλιογραφική Επισκόπηση.....	6
2.1 Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS).....	6
2.1.1 Γενικά για τα GIS.....	6
2.1.2 Η ιστορία του GIS.....	6
2.1.3 Αναπαράσταση δεδομένων GIS.....	7
2.1.4 Μη χωρικά δεδομένα.....	9
2.1.5 Εφαρμογές των GIS.....	9
2.2 Python.....	15
2.2.1 Ιστορικό.....	15
2.2.2 Δομή και σύνταξη.....	15
2.3 ModelBuilder.....	16
2.4 Μέθοδος FAO Penman-Monteith.....	18
3 Υλικά και Μέθοδοι.....	35
4 Αποτελέσματα.....	48
5 Συμπεράσματα.....	56
Βιβλιογραφία.....	57
I. Παραρτήματα.....	62

Πρόλογος

Η εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής είναι πολύτιμη δεδομένου ότι η εξατμισοδιαπνοή αποτελεί μια από τις κύριες συνιστώσες του υδρολογικού κύκλου. Η εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής συνδυάζοντας συμβατικές μετεωρολογικές μετρήσεις εδάφους και δεδομένα τηλεπισκόπησης έχει μελετηθεί ευρέως τις τελευταίες δεκαετίες και έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι για τον σκοπό αυτό. Στην παρούσα εργασία έγινε αντίστοιχη διερεύνηση για την περιοχή του Μεσολογγίου (Τ.Ε.Ι Μεσολογγίου). Ειδικότερα, υπολογίστηκε η μηνιαία πραγματική εξατμισοδιαπνοή κατά την διάρκεια μιας αρδευτικής περιόδου του 2011 (Μαρτίης- Απρίλιος- Ιούνιος - Ιούλιος – Αύγουστος-Σεπτέμβρης) για το χώρο του Τ.Ε.Ι Μεσολογγίου, περιοχή εντατικής γεωργικής δραστηριότητας. Για την συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήσαμε τη μέθοδο FAO Penman-Monteith (FAO,1998), συνδυάζοντας δορυφορικά δεδομένα και επίγειες μετεωρολογικές μετρήσεις

Τα δορυφορικά δεδομένα, μετά από την ανάλογη επεξεργασία (ραδιομετρική βαθμονόμηση, γεωμετρική διόρθωση και γεωαναφορά, γεωμετρική διόρθωση τύπου εικόνα σε εικόνα αφινικού μετασχηματισμού, διόρθωση για τις ηλιακές συνθήκες και επιλογή περιοχής ενδιαφέροντος), χρησιμοποιήθηκαν σε συνδυασμό με επίγεια δεδομένα από τον μετεωρολογικό σταθμό του Τ.Ε.Ι.

Συγκεκριμένα μοντελοποιήσαμε τη μέθοδο Penman-Monteith με δυο τρόπους την στην πρώτη περίπτωση δημιουργήσαμε κώδικα σε python και στη δεύτερη περίπτωση κατασκευάσαμε στο model builder ένα μοντέλο της μεθόδου Penman-Monteith. Για τη μοντελοποίηση χρησιμοποιήσαμε στη σουίτα Esri acrgis 9.x . Για τη μοντελοποίηση χρησιμοποιήσαμε τέσσερις έκτασεις εντός και στην ευρύτερη περιοχή του Τ.Ε.Ι. για τέσσερις καλλιέργειες για τον υπολογισμό του νερού άρδευσης αυτών των καλλιεργειών .

Λίστα ακρωνυμίων και συντομεύσεων

ABM	agent-based model	μοντέλα βασισμένα σε πράκτορες
AGI	Association for Geographic Information	Σύνδεσμος Γεωγραφικών Πληροφοριών
AGILE	Association of Geographic Information Laboratories in Europe	Σύνδεσμος Ευρωπαϊκών Εργαστηρίων Γεωγραφικών Πληροφοριών
AHP	Analytical Hierarchy Process	Διεργασία Αναλυτικής Ιεραρχίας
AM	automated mapping	αυτόματη χαρτογράφηση
AML	Arc Macro Language	Γλώσσα Μακροεντολών Τόξων
API	application programming interface	διασύνδεση προγραμματισμού εφαρμογών
ARPANET	Advanced Research Projects Agency Network	Δίκτυο Υπηρεσίας Προηγμένων Ερευνητικών Έργων
ASCII	American Standard Code for Information Interchange	Αμερικανικός Πρότυπος Κώδικας Ανταλλαγής Πληροφοριών
ASP	Active Server Pages	Ενεργοί Σελίδες Διακομιστή
AVIRIS	Airborne Visible InfraRed Imaging Spectrometer	Αερομεταφερόμενο Φασματόμετρο Απεικόνισης Ορατής και Υπέρυθρης Ακτινοβολίας
BBC	British Broadcasting Corporation	Βρετανικός Οργανισμός (Ραδιοτηλεοπτικών) Μεταδόσεων
BLM	Bureau of Land Management	Κτηματολόγιο
BLOB	binary large object	μεγάλο δυαδικό αντικείμενο
CAD	Computer-Aided Design	Σχεδίαση με τη Βοήθεια Υπολογιστή
CAMA	Computer Assisted Mass Appraisal	Μαζική Εκτίμηση με τη Βοήθεια Υπολογιστή
CAP	Common Agricultural Policy	Κοινή Αγροτική Πολιτική

CASA	Centre for Advanced Spatial Analysis	Κέντρο Προηγμένης Χωρικής Ανάλυσης
CASE	computer-aided software engineering	Κατασκευή Λογισμικού με τη Βοήθεια Υπολογιστή
CBD	central business district	περιοχή ιστορικού οικονομικού κέντρου
CD	compact disc	συμπαγής δίσκος
CEN	Comite Europeen de Normalisation	Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης
CERN	Conseil Europeen pour la Recherche Nucleaire	Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Πυρηνικών Ερευνών
CGIS	Canada Geographic Information System	Καναδικό Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών
CGS	Czech Geological Survey	Γεωλογική Τοπογραφική Υπηρεσία της Τσεχίας
CIA	Central Intelligence Agency	Κεντρική Υπηρεσία Πληροφοριών
CLI	Canada Land Inventory	Κτηματολόγιο Καναδά
CLM	collection-level metadata	μεταδεδομένα επιπέδου συλλογής
COGO	coordinate geometry	γεωμετρία συντεταγμένων
COM	component object model	μοντέλο συστατικών αντικειμένων
COTS	commercial off-the-shelf	εμπορικό λογισμικό στα ράφια των καταστημάτων
CPD	continuing professional development	συνεχής επαγγελματική εξέλιξη
CSDGM	Content Standards for Digital Geospatial Metadata	Πρότυπα Περιεχομένου Ψηφιακών Γεωχωρικών Μεταδεδομένων
CSDMS	Centre for Spatial Database Management and Solutions	Κέντρο Διαχείρισης Χωρικών Βάσεων Δεδομένων και Χωρικών Λύσεων
CSO	color separation overlay	επικάλυμμα διαχωρισμού χρωμάτων
CTA	Chicago Transit Authority	Αρχή Μετεπιβίβασης Σικάγου
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency	Υπηρεσία Εξελιγμένων Αμυντικών Ερευνητικών Έργων

1 Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Στην εποχή μας αποτελεί μείζον πρόβλημα η αύξηση της ζήτησης και η ταυτόχρονη μείωση της διαθεσιμότητας των υδατικών πόρων. Είναι αναμφισβήτητη λοιπόν ανάγκη η ορθολογική διαχείρισή τους. Κρίνεται επομένως απαραίτητη η επιστημονική μελέτη των υδατικών πόρων και η ακριβής ποσοτικοποίηση των συνιστωσών του υδατικού ισοζυγίου.

Η εξατμισοδιαπνοή αποτελεί μια από τις κύριες συνιστώσες του υδρολογικού κύκλου και συνεπώς είναι αναγκαία η όσο το δυνατόν ακριβέστερη εκτίμηση της. Αυτό όμως αποδεικνύεται ιδιαίτερα δύσκολο καθώς η πραγματική εξατμισοδιαπνοή δεν μπορεί να μετρηθεί άμεσα, επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες και ποικίλλει σημαντικά στο χρόνο και στο χώρο.

Παραδοσιακά, και μέχρι πολύ πρόσφατα, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή υπολογίζονταν ως υπόλοιπο στις εξισώσεις του υδατικού ισοζυγίου, από εκτιμήσεις της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (με χρήση μιας συνάρτησης μείωσης της εδαφικής υγρασίας), ή έμμεσα, από μετρήσεις πεδίου σε μετεωρολογικούς σταθμούς (συμβατικές μέθοδοι).

Με την αξιοποίηση μετεωρολογικών δεδομένων και τη χρήση του μοντέλου εξατμισοδιαπνοής γίνεται τεχνικά και οικονομικά εφικτή η εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής σε περιφερειακή κλίμακα, δεδομένου ότι τα δεδομένα παρέχουν εκτιμήσεις σε υψηλή χωρική και χρονική ανάλυση.

1.2 Σκοπός Εργασίας

Αντικείμενο της εργασίας αυτής είναι η διερεύνηση της συμβολής των γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων στην εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής στις καλλιέργειες δεδομένης της σημασίας που έχει η εκτίμηση της παραμέτρου στην ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων, αλλά και της δυσκολίας υπολογισμού της με συμβατική μέθοδο.

Μεταξύ των βασικών επιδιώξεων ήταν να αναλυθεί το υφιστάμενο επίπεδο τεχνογνωσίας και το θεωρητικό υπόβαθρο και να αξιολογηθεί μέσα από συγκεκριμένη εφαρμογή η δυνατότητα αξιοποίησης δορυφορικών δεδομένων για τον υπολογισμό παραμέτρων που χρησιμοποιούνται στην εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής.

1.3 Διάθρωση Εργασίας

Η εργασία ξεκινά (Κεφάλαιο 1) με μια γενική εισαγωγή στο ζήτημα της εκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής με χρήση του μοντέλου στα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών, όπου διαφαίνεται η σημασία της εκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής σε περιφερειακή κλίμακα και οι δυνατότητες της σε αυτόν τον τομέα.

Έτσι, καταρχάς (Κεφάλαιο 2) γίνεται μια ιστορική αναδρομή για την εξέλιξη των συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών, όμοιος γίνεται μια ιστορική αναδρομή για την γλωσσά προγραμματισμού python την οποία χρησιμοποιήσαμε για τον υπολογισμό του μοντελου και επίσης αναλύεται η επίσημη πρότυπη μέθοδος FAO Penman-Monteith, η οποία εφαρμόζεται στα πλαίσια της συγκεκριμένης εφαρμογής προσαρμοσμένη με δορυφορικά δεδομένα, αποτελώντας μάλιστα την μέθοδο αναφοράς.

Έχοντας ολοκληρώσει την θεωρητική ανάλυση, η εργασία συνεχίζεται με αντίστοιχη εφαρμογή στον χώρο του ΤΕΙ και την διαδικασία που προϋποθέτει την επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων. (Κεφάλαιο 3).

Κατόπιν υπολογίζονται (Κεφάλαιο 4). οι απαραίτητες παράμετροι για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής, για τους μήνες υπολογισμού.

Στο τελευταίο κεφάλαιο (Κεφάλαιο 5) αναλύονται τα συμπεράσματα της μελέτης αυτής

2 Βιβλιογραφική Επισκόπηση

2.1 Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS)

2.1.1 Γενικά για τα GIS

Με τη πλέον αυστηρή έννοια, ο όρος GIS (σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών -geographic information system) περιγράφει οποιοδήποτε σύστημα πληροφοριών που ενσωματώνει, αποθηκεύει, επεξεργάζεται, αναλύει, διαμοιράζεται και απεικονίζει γεωγραφικές πληροφορίες. Με μία γενικότερη προσέγγιση, οι GIS εφαρμογές είναι εργαλεία τα οποία επιτρέπουν στους χρήστες να δημιουργούν αλληλεπιδραστικά ερωτήματα για την ανάλυση χωρικών πληροφοριών, επεξεργασία δεδομένων, χαρτών και να προβάλουν τα αποτελέσματα αυτών των ενεργειών τους.

2.1.2 Η ιστορία του GIS

Η ιστορία της χρήσης γεωγραφικής πληροφορίας χάνεται στα βάθη της ανθρώπινης ιστορίας. Σε ό,τι μας αφορά, η ιστορία των GIS εφαρμογών για υπολογιστικά συστήματα ξεκινάει το 1962 με την ανάπτυξη του πρώτου υπολογιστικού GIS από τον Dr. Roger Tomlinson στην Ottawa, Ontario, Canada με την ονομασία CGIS(Canada Geographic Information System). Σκοπός του CGIS ήταν η διαχείριση των εδαφών του Καναδά. Το CGIS λειτούργησε μέχρι το 1990 και συνετέλεσε στη δημιουργία ενός τεραστίου αποθέματος πληροφορίας για τα εδάφη του Καναδά. Από άποψη λειτουργικότητας προσέφερε τη δυνατότητα επικαλύψεων(overlays), ένα παράγοντα βαθμολογίας που επέτρεπε την ανάλυση, δυνατότητα μετρήσεων, υιοθετούσε ένα τοπικό – εθνικό σύστημα συντεταγμένων και αποθήκευε τη χωρική πληροφορία και τα χαρακτηριστικά(attributes) των αντικειμένων σε ξεχωριστά αρχεία. Το 1964 δημιουργήθηκε το Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis (εργαστήριο γραφικών H/Y και χωρικής ανάλυσης) στο Harvard Graduate School of Design. Εκεί αναπτύχθηκαν πολλές σημαντικές θεωρητικές έννοιες σε ό,τι αφορά τον χειρισμό χωρικών δεδομένων και τη δεκαετία του 1970 εκδόθηκαν

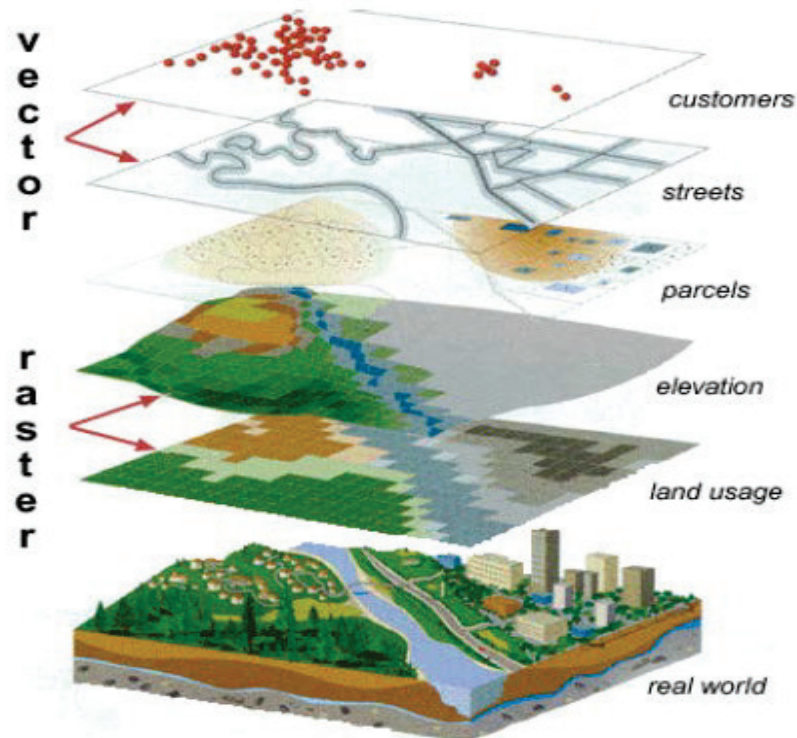
καινοτόμα λογισμικά, όπως το «SYMAP», «GRID» και «ODYSSEY» που αποτέλεσαν βάση για τη μετέπειτα ανάπτυξη λογισμικού, στα πανεπιστήμια, ερευνητικά κέντρα και επιχειρήσεις σε όλο τον κόσμο. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1980, οι M & S Computing, ESRI(Environmental Systems Research Institute) και CARIS (Computer Aided Resource Information System) εξέδωσαν εμπορικό GIS λογισμικό, που ενσωμάτωνε πολλές από τις δυνατότητες του CGIS, συνδυάζοντας τη προσέγγιση της πρώτης γενιάς για διαχωρισμό των χωρικών δεδομένων από τα χαρακτηριστικά(attributes) με μια δεύτερης γενιάς προσέγγιση για αποθήκευση των χαρακτηριστικών σε βάση δεδομένων. Παράλληλα ξεκίνησε η ανάπτυξη δύο ακόμα λογισμικών, του MOSS και του GRASS GIS. Το GRASS GIS ξεκίνησε το 1982 από τον U.S. Army Corps of Engineering Research Laboratory για στρατιωτικούς σκοπούς. Κατά τα τέλη των 1980s και κατά τα 1990s με την είσοδο των προσωπικών H/Y, σημειώθηκε μεγάλη ανάπτυξη στη χρήση του GIS λογισμικού. Στη συνέχεια με την ανάπτυξη του Internet, πρόβαλε και η επιθυμία πρόσβασης σε GIS πληροφορίες

μέσω του διαδικτύου, κάτι που προϋπέθετε την ανάπτυξη προτύπων για τη μορφή των δεδομένων και τη μετάδοσή τους.

Σήμερα υπάρχει ένας σημαντικός και αυξανόμενος αριθμός ελεύθερου, ανοιχτού κώδικα λογισμικού GIS, για την υλοποίηση αντίστοιχων εφαρμογών.

2.1.3 Αναπαράσταση δεδομένων GIS

Τα GIS δεδομένα αναπαριστούν αντικείμενα του πραγματικού κόσμου (δρόμους, δάση, υψόμετρα) με ψηφιακά δεδομένα. Παραδοσιακά υπάρχουν δύο μέθοδοι για την αποθήκευση των GIS δεδομένων. Η μέθοδος Raster και η Vector .



Εικόνα 1 Αναπαράσταση δεδομένων

2.1.3.1 Raster δεδομένα

Ο τύπος Raster (Κανονικοποιημένα) είναι παρόμοιος με αυτό της ψηφιακής εικόνας. Η μονάδα πληροφορίας σε μια ψηφιακή εικόνα είναι το pixel. Ο συνδυασμός των pixels δημιουργεί την εικόνα. Παρόμοια ένα Raster αρχείο αποτελείται από κελιά. Σε κάθε κελί αποθηκεύεται μία τιμή. Όταν πρόκειται για εικόνα η τιμή αυτή μπορεί να απεικονισθεί με το χρώμα του pixel. Για τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά μιας θέσης, μπορεί να αντιστοιχηθεί κάθε κελί με μία εγγραφή ενός πίνακα χαρακτηριστικών. Τα Raster δεδομένα αποθηκεύονται σε διάφορες μορφές όπως αρχεία TIF, JPEG, PNG κ.λ.π. , ή με τη μορφή BLOBs σε σχεσιακές βάσεις δεδομένων.

2.1.3.2 *Vector δεδομένα*

Στο GIS, τα γεωγραφικά στοιχεία συχνά αντιμετωπίζονται σαν vectors (διανύσματα). Στη περίπτωση αυτή περιγράφονται σαν γεωμετρικά στοιχεία. Τα πλέον κοινά γεωμετρικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται για μια vector περιγραφή είναι τα σημείο, γραμμή και πολύγωνο.

➤ Σημεία

Τα μηδενικής διάστασης σημεία, χρησιμοποιούνται για γεωγραφικά στοιχεία που μπορούν να αναφερθούν με απλή αναφορά θέσης. Π.χ. Πηγάδια, αυτοκίνητα, σημεία ενδιαφέροντος κ.λ.π. Μπορούν να απεικονίσουν και επιφάνειες όταν χρησιμοποιείται μικρή κλίμακα. Δε έχουν μετρήσιμα χαρακτηριστικά.

➤ Γραμμές

Μονοδιάστατες γραμμές χρησιμοποιούνται για τη περιγραφή γραμμικών στοιχείων όπως δρόμους, ποτάμια κ.λ.π. Όλα αυτά σε μεγάλη κλίμακα μπορεί να ενδιαφέρουν και σαν πολύγωνα. Σε μικρές κλίμακες ωστόσο μας ενδιαφέρει η μία διάσταση, που εκφράζεται με τη γραμμή. Στις γραμμές μπορούμε να μετρήσουμε το μήκος.

➤ Πολύγωνα

Τα δισδιάστατα πολύγωνα χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση γεωγραφικών στοιχείων που καταλαμβάνουν κάποια έκταση, όπως λίμνες, δάση, όρια πόλεων κ.λ.π.. Στα πολύγωνα μπορούμε να μετρήσουμε περίμετρο και έκταση. Κάθε ένα vector στοιχείο μπορεί να σχετίζεται με μία εγγραφή σε μια βάση δεδομένων, όπου εκτός από τη γεωμετρία του μπορεί να περιγράφονται τα χαρακτηριστικά του. Π.χ. Ένα θέμα για λίμνες μπορεί να περιέχει τα χαρακτηριστικά βάθος, επίπεδο μόλυνσης, περιεκτικότητα αζώτου κλπ. Οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά την απεικόνιση, χρωματίζοντας π.χ. τη λίμνη ανάλογα με το επίπεδο μόλυνσης.

2.1.3.3 *Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα Raster / Vector*

- Τα Raster αρχεία είναι συνήθως μεγαλύτερα διότι αποθηκεύουν πληροφορίες για όλα τα σημεία, ενώ τα vector μόνο όταν χρειάζεται.
- Τα Raster υλοποιούν ευκολότερα λειτουργίες επικάλυψης (overlay)
- Τα raster είναι αποτελεσματικότερα στα συνεχή δεδομένα (υψόμετρο), όπου τα vector πρέπει να χρησιμοποιήσουν μεθόδους υπολογισμού (πχ interpolation) για εκτίμηση των τιμών των θέσεων.
- Τα raster εξαρτώνται από την ανάλυση του χάρτη, κάτι που μπορεί να προκαλέσει φτωχή απόδοση.

- Τα Vector είναι πιο ευέλικτα στη καταχώριση, προβολή, pan-zoom
- Τα Vector είναι πιο συμβατά με τις σχεσιακές βάσεις δεδομένων.
- Τα Vector δεδομένα ενημερώνονται ευκολότερα, ενώ μία raster εικόνα πρέπει να ξαναδημιουργηθεί σε κάθε τροποποίηση
- Τα Vector δεδομένα έχουν μεγαλύτερες δυνατότητες ανάλυσης, ειδικά όταν πρόκειται για δίκτυα (δρόμους κ.λ.π.)
- Η αλγοριθμική ανάλυση στα vectors είναι συνήθως περίπλοκη και απαιτητική σε επεξεργασία. Αυτό περιορίζει τη λειτουργικότητά τους για μεγάλα set δεδομένων.
- Στα vectors είναι αδύνατη η χωρική ανάλυση στο εσωτερικό των πολυγώνων.

2.1.4 Μη χωρικά δεδομένα

Τα μη χωρικά δεδομένα που συνδέονται με κάποιο γεωμετρικό στοιχείο ή κάποιο raster κελί, μπορούν να αποθηκεύονται σε πίνακες ΒΔ. Για τα μεν vector κάθε εγγραφή μπορεί να περιέχει τα χωρικά και τα μη χωρικά δεδομένα στα απαραίτητα πεδία. Στα raster δεδομένα, η μη χωρική πληροφορία μπορεί να αποθηκεύεται σαν τιμή του κελιού ή όταν αυτό δεν επαρκεί, η τιμή του κελιού μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν δείκτης που το συσχετίζει με μία εγγραφή κάποιου πίνακα.

2.1.5 Εφαρμογές των GIS

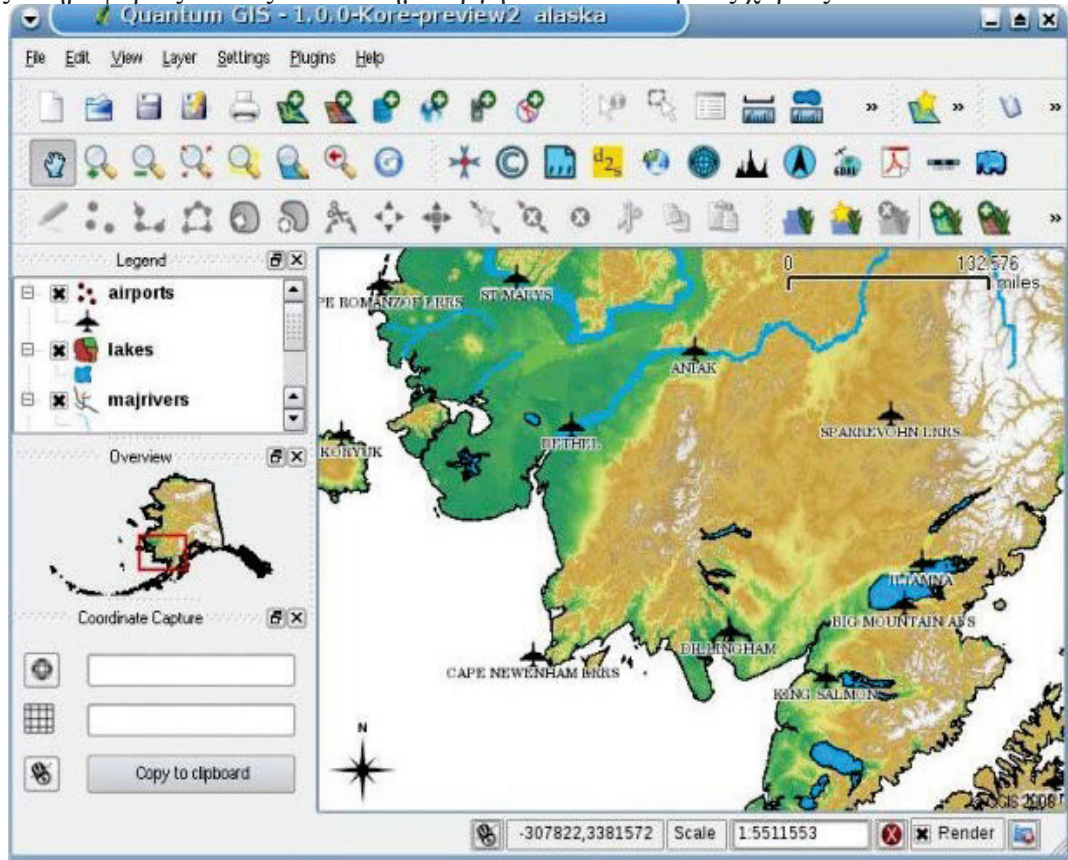
Πρέπει να μας γίνεται εύκολα κατανοητό, ότι η τεχνολογία GIS, αν και μπαίνει στη 5η δεκαετία της ζωής της, μόλις τώρα αρχίζει χάρη και στην αλματώδη εξέλιξη της τεχνολογίας να δείχνει του τι μπορεί να επιτύχουμε μέσω της χρήσης της. Δεν είναι μυστικό βεβαίως, το ότι ξεκίνησε σαν τεχνολογία με σκοπό να βοηθήσει τον στρατό, αλλά πλέον οι εφαρμογές της είναι απανταχού, ξεκινώντας από την αγορά των ακινήτων, μέχρι την χρήση της σε γνωστικά πεδία όπως η γεωλογία, υδρολογία κ.τ.λ .

Σημαντικοί τομείς εφαρμογών της τεχνολογίας των ΓΠΣ είναι η υγεία, η πολεοδομία, η περιβαλλοντολογία, η διαχείριση περιπτώσεων κρίσης, η δρομολόγηση, η αστυνόμευση και οι μεταφορές. Η φύση των εφαρμογών, δίνει το δικαίωμα στον καθημερινό άνθρωπο να αλληλεπιδρά με τέτοιου είδους συστήματα κυρίως μέσω του internet ή συσκευών GPS. Επίσης εξαιτίας του πλήθους διάφορων αναγκών από τους τελικούς χρήστες, έχει δημιουργηθεί μια μεγάλη ποικιλία από λογισμικό που διαχειρίζεται βάσεις δεδομένων χωρικού τύπου τόσο για τους δημιουργούς συστημάτων ΓΠΣ, όσο και για τους τελικούς χρήστες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου λογισμικού το οποίο θα αναλυθεί παρακάτω, είναι η ομάδα προϊόντων (Suite)ArcGIS της ESRI, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τις ανάγκες τις παρούσης εργασίας.

2.1.5.1 Λογισμικό *Quantum GIS*

Το Quantum GIS (QGIS) είναι ένα GIS ανοιχτού κώδικα (GNU). Είναι ένα προϊόν του OSGeo (Open Source Geospatial Foundation). Αρχικά αναπτύχθηκε με εθελοντική εργασία και χρηματοδότηση από συνεισφορές (contributions). Η ανάπτυξή του καθοδηγείται πλέον από την open-source GIS κοινότητα. Τρέχει σε Linux, Unix, Mac OSX, και Windows. Η ανάπτυξή του ξεκίνησε τον Μάιο του 2002 και η πρώτη έκδοσή του υποστήριζε μόνο Post GIS layers.

Με το QGIS μπορεί κανείς να απεικονίσει, διαχειριστεί, αναλύσει, συντάξει χωρικές πληροφορίες καθώς και να δημιουργήσει εκτυπώσιμους χάρτες.



Εικόνα 2 Περιβάλλον Q GIS

Οι δυνατότητες του διευρύνονται καθώς συνεχίζεται η ανάπτυξή του προϊόντος μέσα από την επέκταση του πυρήνα του κώδικα καθώς και με τη δημιουργία plugins.

Τα κυριότερα σημεία του QGIS

1. Η δυνατότητα απεικόνισης και επικάλυψης vector και raster δεδομένων σε διαφορετικό format χωρίς την ανάγκη μετατροπής τους σε ένα κοινό εσωτερικό format.

Τα υποστηριζόμενα formats περιλαμβάνουν:

- χωρικούς πίνακες της PostGIS και Spatialite,
- Τα περισσότερα vector formats που υποστηρίζονται από την OGR , συμπεριλαμβανομένων των ESRI shapefiles, MapInfo, SDTS και GML.
- raster formats που υποστηρίζονται από την GDAL , μοντέλα ψηφιακής υψομέτρησης (digital elevation models), αεροφωτογραφίες ή εικόνες δορυφόρων

- GRASS locations και mapsets,
 - δικτυακή πρόσβαση σε χωρικά δεδομένα OGC-συμβατά, WMS ή WFS
- 2. Δημιουργία χαρτών και διαδραστική εξερεύνηση δεδομένων με φιλικό GUI (graphical user interface). Τα βοηθητικά εργαλεία μεταξύ άλλων περιλαμβάνουν.**
- on the fly προβολή,
 - δημιουργίες εκτυπώσιμων χαρτών,
 - panel επισκόπησης,
 - χωρικές σημειώσεις (bookmarks),
 - επιλογή / αναγνώριση στοιχείων
 - σύνταξη/προβολή/αναζήτηση στοιχείων,
 - υπομνήματα στοιχείων,
 - επικάλυψη vectors
 - αποθήκευση και επανάκτηση projects
- 3. Δημιουργία σύνταξη και εξαγωγή χωρικών δεδομένων με τη χρήση:**
- εργαλείων ψηφιοποίησης για GRASS και shapefile μορφές αρχείων,
 - του georeferencer plugin,
 - εργαλεία για την εισαγωγή και εξαγωγή GPX αρχείων από/προς GPSs, μετατροπή άλλων GPS formats σε GPX
- 4. Δυνατότητα χωρικής ανάλυσης με τη χρήση του fTools plugin για Shapefiles¹ ή του ενσωματωμένου GRASS plugin, όπως:**
- map άλγεβρα,
 - εδαφική(terrain) ανάλυση,
 - υδρολογικό μοντέλο,
 - ανάλυση δικτύων,
 - και πολλά άλλα

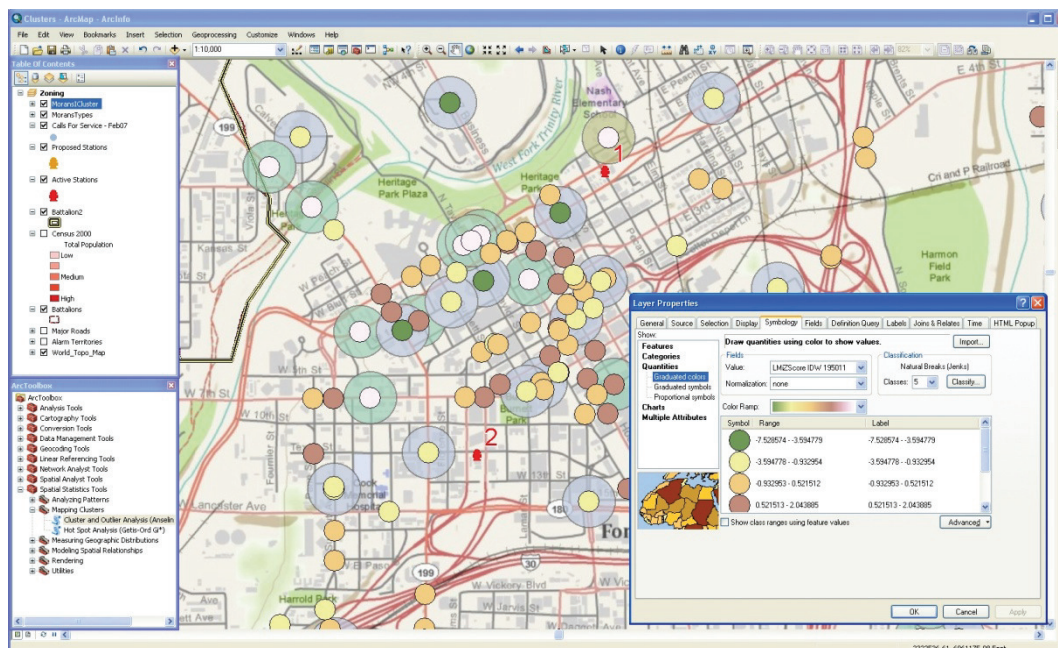
2.1.5.2 Λογισμικό GIS - ESRI Suite

Η ESRI (Environmental Systems Research Institute) είναι μια αμερικάνικη εταιρία, η οποία ιδρύθηκε το 1969, με σκοπό να εξυπηρετήσει τις ανάγκες τις αγοράς ακινήτων και να λύσει προβλήματα, σχετικά με τη χρήση Γης. Αυτή τη στιγμή σύμφωνα με ανεπίσημα στατιστικά το χρησιμοποιεί το 30 % των χρηστών ΓΠΣ. Στα μέσα της δεκαετίας του 2000, η ESRI και η Microsoft δημιούργησαν συνασπισμό, με σκοπό την εκμετάλλευση των γνώσεων στον τομέα της βάσης δεδομένων από την δεύτερη και τις εξειδίκευσης της πρώτης στον τομέα ανάλυσης χωρικών δεδομένων. Άμεση συνέπεια της συγκεκριμένης συνεργασίας, είναι το γεγονός του ότι το λογισμικό της ESRI, αν και αρχικά δημιουργήθηκε για περιβάλλον UNIX, πλέον συνεργάζεται άριστα με τα λειτουργικά συστήματα αλλά και με τα DBMS της Microsoft. Τέλος, αποτέλεσμα της συγκεκριμένης συνεργασίας, είναι η δυνατότητα χρήσης δορυφορικών φωτογραφιών, της υπηρεσίας BING Maps από το λογισμικό δημιουργίας χαρτών της ESRI. Το συγκεκριμένο λογισμικό χωρίζεται σε πλήθος εφαρμογών και υπηρεσιών, όπως :

¹ Σχηματικά αρχεία (Shapefiles.shp) είναι η φυσική μορφή που μπορεί να διαχειρισθεί το ArcView. Περιέχουν γεωγραφικά περιγραφικά δεδομένα τα οποία μπορούν να διορθωθούν μέσα από το περιβάλλον του ArcView. Μπορεί να περιέχει μονό σημεία ή μονό γραμμές ή τέλος μόνο πολύγωνα.

- **ArcReader** , η οποία επιτρέπει σε κάποιον να δείτε και χάρτες ερώτημα που δημιουργήθηκε με τα άλλα προϊόντα ArcGIS
- **ArcGIS Desktop**, η οποία έχει αδειοδοτηθεί από τρία επίπεδα λειτουργικότητας:
 - **ArcGIS Desktop Basic** (παλαιότερα γνωστή ως **ArcView**), η οποία επιτρέπει σε κάποιον να τη δείτε χωρικών δεδομένων, δημιουργούν στρώματα χάρτες, και να εκτελέσει βασικές χωρική ανάλυση
 - **ArcGIS Desktop Standard** (παλαιότερα γνωστή ως **ArcEditor**), το οποίο εκτός από τη λειτουργικότητα του ArcView, περιλαμβάνει πιο προηγμένα εργαλεία για τη επεξεργασία των shapefiles και γεοβάσεων
 - **ArcGIS Desktop Advanced**(παλαιότερα γνωστή ως **ArcInfo**), το οποίο περιλαμβάνει τις δυνατότητες για το χειρισμό των δεδομένων, την επεξεργασία και την ανάλυση.

Υπάρχουν επίσης προϊόντα με διακομιστής-βάσης ArcGIS Server, καθώς και προϊόντα για ArcGIS PDA. Επεκτάσεις μπορεί να αγοραστεί ξεχωριστά για την αύξηση της λειτουργικότητας του ArcGIS.



Εικόνα 3 περιβαλλον ArcMAP(πηγή ArcGIS Redlands)

Πριν από την ArcGIS σουίτα , είχε επικεντρωθεί η Esri της ανάπτυξης λογισμικού για την γραμμή εντολών το Arc / Info workstation του προγράμματος με αρκετά γραφικό περιβάλλον χρήστη (GUI)με βάση τα προϊόντα, όπως το ArcView GIS 3.x Desktop του προγράμματος. Άλλα προϊόντα που περιλαμβάνονται Esri MapObjects , μια βιβλιοθήκη προγραμματισμού για τους προγραμματιστές, και ArcSDE ως ένα σχεσιακό σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων . Τον Ιανουάριο του 1997, η Esri αποφάσισε να αναδιοργανώσουμε GIS πλατφόρμα του λογισμικού, τη δημιουργία ενός ενιαίου ολοκληρωμένου αρχιτεκτονική λογισμικού

ArcGIS 8.x

Στα τέλη του 1999, κυκλοφόρησε Esri ArcGIS 8.0, ο οποίος έτρεξε για το Microsoft Windows λειτουργικό σύστημα . σε συνδυασμό ArcGIS την οπτική διεπαφή χρήστη πτυχή του ArcView GIS interface 3.x με μερικές από τη δύναμη από την έκδοση του Arc / Info 7.2workstation. Αυτή η αντιστοίχιση οδήγησε σε μια νέα σουίτα λογισμικού που ονομάζεται ArcGIS, η οποία περιελάμβανε τη γραμμή εντολών εργασίας ArcInfo (v8.0) και μια νέα γραφική διεπαφή χρήστη εφαρμογή που ονομάζεται ArcMap (v8.0) περιλαμβάνει μερικές από τις λειτουργίες του ArcInfo με ένα πιο διαισθητικό interface , καθώς και ArcGIS εφαρμογή διαχείρισης αρχείων που ονομάζεται ArcCatalog (v8.0). Η απελευθέρωση του ArcGIS σουίτα αποτέλεσε μια σημαντική αλλαγή στην προσφορά λογισμικού της Esri, ευθυγράμμιση όλων των πελατών τους και των προϊόντων του διακομιστή κάτω από μια αρχιτεκτονική λογισμικού γνωστή ως ArcGIS, αναπτύχθηκε με τη χρήση Microsoft Windows COM πρότυπα. Μια σημαντική διαφορά είναι οι προγραμματισμού (scripting) γλωσσών διαθέσιμα για να προσαρμόσετε ή να επεκτείνουν το λογισμικό για να ταιριάζουν στις ιδιαίτερες ανάγκες των χρηστών. Κατά τη μετάβαση στο ArcGIS, Esri έπεσε στήριξη της προσφυγής-συγκεκριμένες γλώσσες δέσμης ενεργειών του, Avenue και το ARC Macro Language (AML), υπέρ της Visual Basic for Applications scripting και ανοικτή πρόσβαση σε ArcGIS συστατικά που χρησιμοποιούν τα Microsoft COM πρότυπα. ArcGIS έχει σχεδιαστεί για να αποθηκεύουν τα δεδομένα σε ιδιόκτητη μορφή RDBMS, γνωστό και ως γεωβάση . ArcGIS 8.x εισήγαγε άλλα νέα χαρακτηριστικά, συμπεριλαμβανομένων των on-the-fly χάρτη προβολές , σχολιασμό και στη βάση δεδομένων. Ενημερώσεις του ArcView 3.x επεκτάσεις, συμπεριλαμβανομένων των 3D Analyst και Spatial Analyst, ήρθε αργότερα με την απελευθέρωση του ArcGIS 8.1, το οποίο παρουσιάστηκε στο Διεθνές Συνέδριο Esri χρήστη το 2000. ArcGIS 8.1 κυκλοφόρησε επίσημα στις 24 Απρίλη 2001. Άλλες νέες επεκτάσεις έγιναν διαθέσιμες με το ArcGIS 8.1, συμπεριλαμβανομένων των Geostatistical Analyst. ArcGIS 8.1 πρόσθεσε επίσης τη δυνατότητα να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα σε απευθείας σύνδεση, απευθείας από την ιστοσελίδα του Δικτύου Γεωγραφία ή άλλες ArcIMS υπηρεσίες χάρτη. ArcGIS 8.3 εισήχθη το 2002, προσθέτοντας τοπολογία για geodatabases, η οποία ήταν ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα αρχικά διαθέσιμη μόνο με ArcInfo καλύψεις.

ArcGIS 9.x

ArcGIS 9, κυκλοφόρησε το Μάιο του 2004, η οποία περιελάμβανε και ArcGIS Server ArcGIS Engine για τους προγραμματιστές. Το ArcGIS 9 έκδοση περιλαμβάνει ένα περιβάλλον που επιτρέπει γεωεπεξεργασίας εκτέλεση των παραδοσιακών εργαλείων επεξεργασίας GIS (όπως η περικοπή, επικάλυψη, και χωρική ανάλυση) ή διαδραστικά από κάθε scripting γλώσσα που υποστηρίζει COM πρότυπα. Παρά το γεγονός ότι το πιο δημοφιλές από αυτά είναι Python , άλλοι έχουν χρησιμοποιηθεί, ειδικά Perl και VBScript . ArcGIS 9 περιλαμβάνει ένα οπτικό περιβάλλον προγραμματισμού, παρόμοιο με ERDAS IMAGINE 's Model Maker (κυκλοφόρησε το 1994, v8.0.2). Η

έκδοση Esri ονομάζεται ModelBuilder και όπως τα ERDAS IMAGINE έκδοση επιτρέπει στους χρήστες να συνδέσουν γραφικά εργαλεία γεωεπεξεργασίας σε νέα εργαλεία ονομάζονται *μοντέλα*. Αυτά τα μοντέλα μπορούν να εκτελεστούν άμεσα ή εξάγονται σε scripting γλώσσες που μπορεί στη συνέχεια να εκτελέσει σε batch mode (που ξεκίνησε από μια γραμμή εντολών), ή μπορούν να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία για να προσθέσει διακλάδωσης ή looping.

Στις 26 Ιουνίου 2008, κυκλοφόρησε Esri ArcGIS 9.3. Η νέα έκδοση του ArcGIS Desktop έχει νέα εργαλεία μοντελοποίησης και γεωστατιστική χαρακτηριστικά εντοπισμού σφαλμάτων, ενώ το ArcGIS Server έχει βελτιωμένη απόδοση και υποστήριξη για την ασφάλεια βάσει ρόλων. Υπάρχουν επίσης νέα JavaScript APIs που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία mashups, και να ενσωματωθεί είτε με το Google Maps ή το Microsoft Virtual Earth. Στη σύνοδο κορυφής του 2008 Esri Developers, υπήρχε λίγη έμφαση στη ArcIMS, εκτός από μία σύνοδο για τη μετάβαση από ArcIMS να ArcGIS Server-based εφαρμογές, δείχνοντας μια αλλαγή στην εστίαση για Esri με το ArcGIS 9.3 για web-based εφαρμογές χαρτογράφησης. Τον Μάιο του 2009, κυκλοφόρησε Esri ArcGIS 9.3.1, η οποία βελτίωσε την απόδοση της δυναμικής δημοσίευση χάρτη και εισήγαγε την καλύτερη κατανομή των γεωγραφικών πληροφοριών.

ArcGIS 10.x

Το 2010, η Esri ανακοίνωσε ό, τι είχε προηγουμένως θεωρηθεί ως έκδοση 9.4 θα είναι έκδοση 10 και θα αποσταλεί στο δεύτερο τρίμηνο του 2010. Από τον Ιούνιο του 2012 κυκλοφόρησε η 10.1 και από τον Ιούλιο του 2013 κυκλοφόρησε η 10.2.



Εικόνα 1: οι τρεις διεπαφές του ArcGIS

2.2 Python

Η Python είναι μια γλώσσα προγραμματισμού η οποία δημιουργήθηκε από τον Ολλανδό Γκούντο βαν Ρόσσουμ (Guido van Rossum) το 1990. Ο κύριος στόχος της είναι η αναγνωσιμότητα του κώδικά της και η ευκολία χρήσης της. Διακρίνεται λόγω του ότι έχει πολλές βιβλιοθήκες που διευκολύνουν ιδιαίτερα αρκετές συνηθισμένες εργασίες και για την ταχύτητα εκμάθησής της.



Η Python αναπτύσσεται ως ανοιχτό λογισμικό (open source) και η διαχείρισή της γίνεται από τον μη κερδοσκοπικό οργανισμό Python Software Foundation. Ο κώδικας διανέμεται με την άδεια Python Software Foundation License η οποία είναι συμβατή με την GPL. Το όνομα της γλώσσας προέρχεται από την εκπομπή "Monty Python's Flying Circus" του BBC.

2.2.1 Ιστορικό

Αρχικά, η Python ήταν γλώσσα σεναρίων που χρησιμοποιούνταν στο λειτουργικό σύστημα Amoeba, ικανή και για κλήσεις συστήματος. Η Python 2.0 κυκλοφόρησε στις 16 Οκτωβρίου του 2000. Στις 3 Δεκεμβρίου 2008 κυκλοφόρησε η έκδοση 3.0 (γνωστή και ως py3k ή python 3000). Πολλά από τα καινούργια χαρακτηριστικά αυτής της έκδοσης έχουν μεταφερθεί στις εκδόσεις 2.6 και 2.7 που είναι προς τα πίσω συμβατές. Η python 3 είναι ιστορικά η πρώτη γλώσσα προγραμματισμού που σπάει την προς τα πίσω συμβατότητα με προηγούμενες εκδόσεις ώστε να διορθωθούν κάποια λάθη που υπήρχαν σε προγενέστερες εκδόσεις και να καταστεί ακόμα πιο σαφής ο απλός τρόπος με τον οποίο μπορούν να γίνουν κάποια πράγματα.

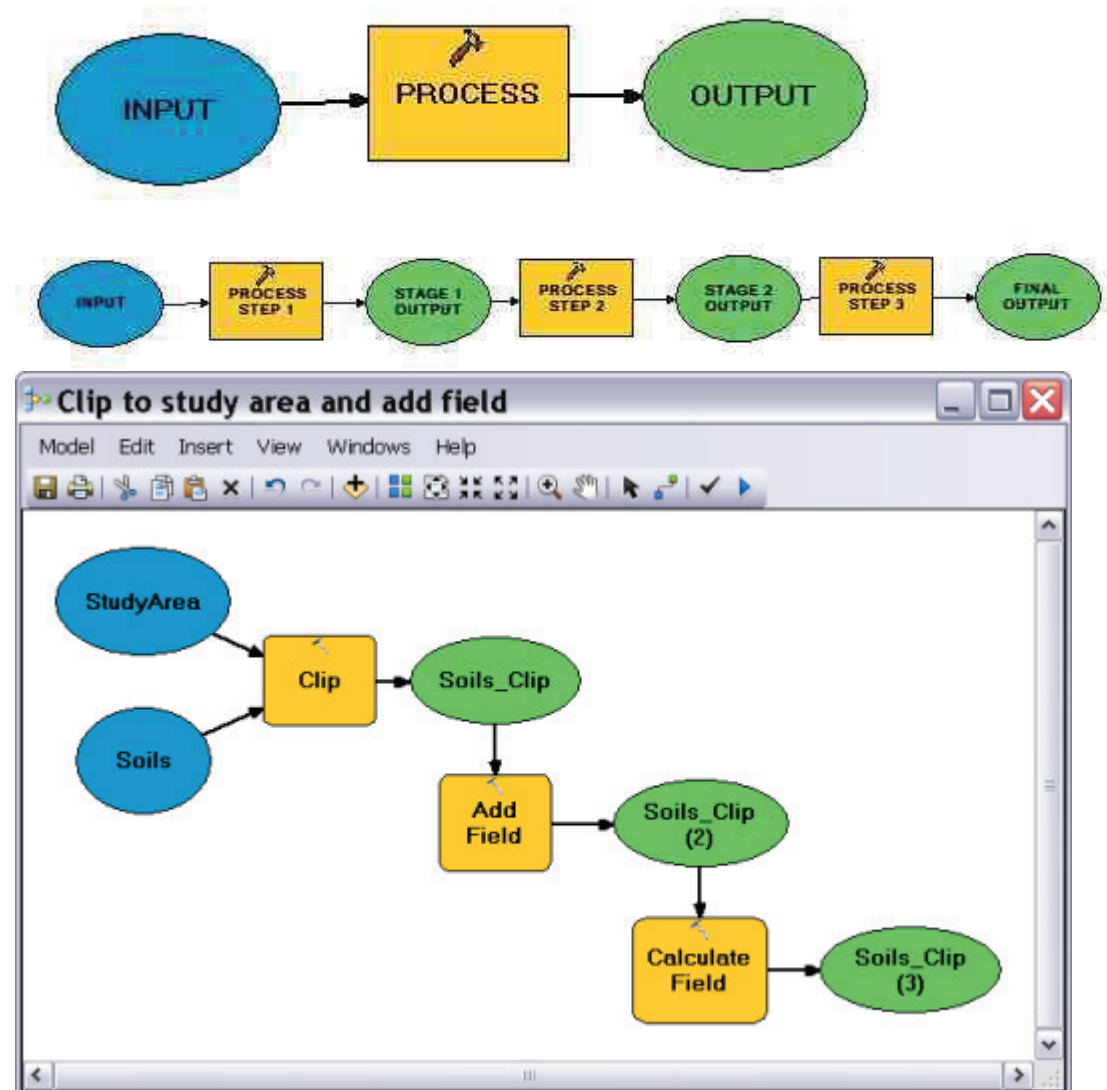
2.2.2 Δομή και σύνταξη

Η γλώσσα χρησιμοποιεί μεταγλωττιστή (compiler) για την δημιουργία του εκτελέσιμου κώδικα και σχετίζεται με τις γλώσσες προγραμματισμού Tcl, Perl, Scheme, Java και Ruby, καθώς και με την ABC η οποία υπήρξε η αρχική πηγή έμπνευσης για τη δημιουργία της.

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της γλώσσας είναι η χρήση κενών διαστημάτων (whitespace) για τον διαχωρισμό των συντακτικών δομών που προγράμματος, σε αντίθεση με την πρακτική σε άλλες γλώσσες όπου για τον ίδιο σκοπό χρησιμοποιούνται ειδικά σύμβολα (πχ αγκύλες). Αυτό, σε συνδυασμό με το ότι χρησιμοποιεί πλήρεις αγγλικές λέξεις στη θέση συμβόλων, καθιστούν τον κώδικα της Python ευανάγνωστο από όσους έχουν βασική γνώση των αγγλικών.

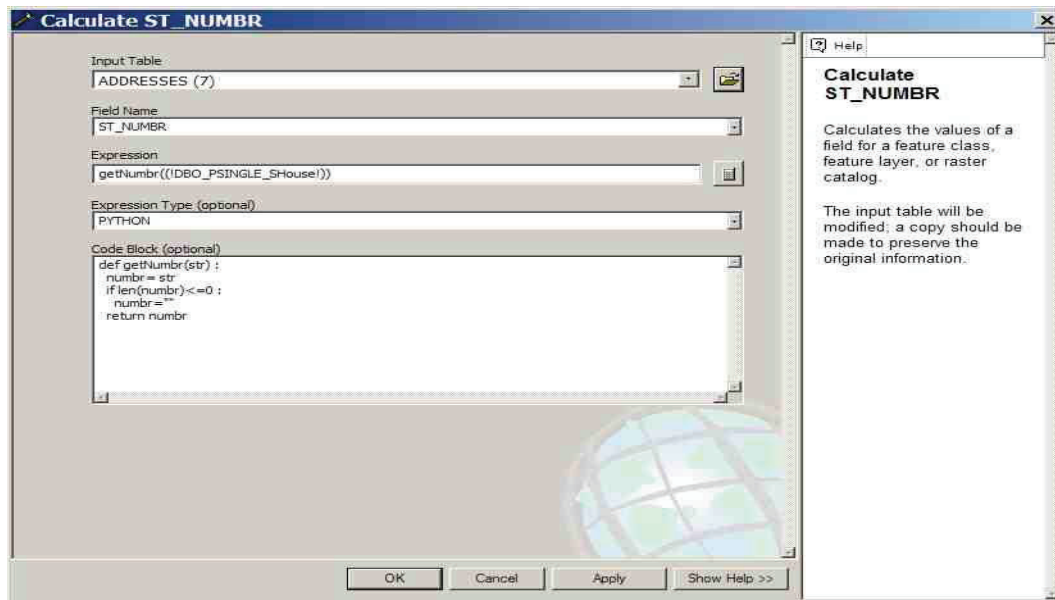
2.3 ModelBuilder

Το ModelBuilder είναι μια εφαρμογή που κάνει τον προγραμματισμό πιο προσιτό για τους μη προγραμματιστές. (στο ArcMap από την έκδοση 9.) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσει, να επεξεργαστεί και να διαχειριστεί μοντέλα ή σενάρια. Τα Μοντέλα είναι οι ροές εργασίας ότι οι σειρές ακολουθίες μαζί με εργαλεία γεωεπεξεργασίας. Ένα πρόγραμμα ξεκινά από την κορυφή (στα αριστερά σε αυτή την περίπτωση) και ρέει από το ένα πλαίσιο στο επόμενο, μέχρι να ολοκληρωθεί . Το παραπάνω διάγραμμα χτίστηκε με ModelBuilder. Οι Ελλείψεις αντιπροσωπεύουν τα δεδομένα και τα ορθογώνια τις διαδικασίες οι οποίες μπορεί να είναι χωρικοί μετασχηματισμοί ή διεργασίες δεδομένων ή απλοί υπολογισμοί



Εικόνα 4 Περιβάλλον ModelBuilder(πηγή ArcGIS)

Το ModelBuilder μπορεί επίσης να θεωρηθεί ως μια visual γλώσσα προγραμματισμού για τις ροές εργασίας. Ενώ το ModelBuilder είναι πολύ χρήσιμο για την κατασκευή και εκτέλεση



Εικόνα 5 μπλοκ κώδικα Python στο ModelBuilder

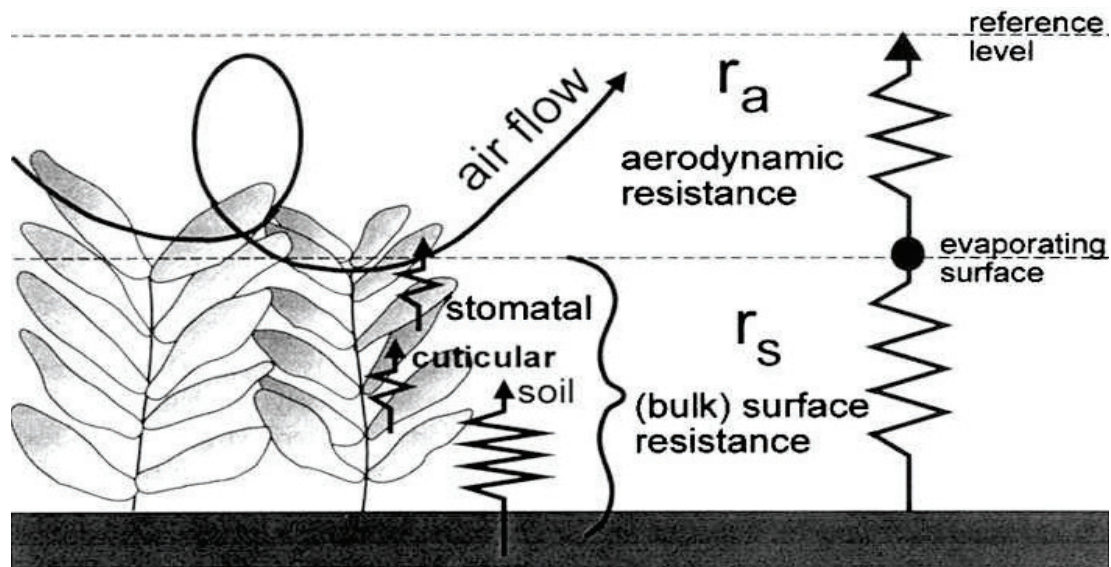
απλών ροών εργασίας, παρέχει επίσης προηγμένες μεθόδους για την επέκταση του ArcGIS

με λειτουργικότητα που σας επιτρέπει να δημιουργήσετε και να μοιραστείτε τα μοντέλα σας ως εργαλεία

ModelBuilder μπορεί ακόμη να χρησιμοποιηθεί για να ενσωματώσει το ArcGIS με άλλες εφαρμογές.

2.4 Μέθοδος FAO Penman-Monteith

Το 1948, ο Penman συνδύασε το ισοζύγιο ενέργειας με τη μέθοδο μεταφοράς της μάζας και εξήγαγε μια εξίσωση για τον υπολογισμό της εξάτμισης από ελεύθερη υδάτινη επιφάνεια από τυπικά κλιματολογικά δεδομένα ηλιοφάνειας, θερμοκρασίας, υγρασίας και ταχύτητας ανέμου. Αυτή η αποκαλούμενη συνδυαστική μέθοδος αναπτύχθηκε περαιτέρω από πολλούς ερευνητές (π.χ. Monteith) και επεκτάθηκε στις καλλιεργημένες επιφάνειες με την εισαγωγή παραγόντων αντίστασης. Η ορολογία «αντίσταση» διακρίνεται σε παράγοντες αεροδυναμικής και επιφανειακής αντίστασης (Σχήμα 1). Οι παράμετροι επιφανειακής αντίστασης συνδυάζονται συχνά σε μια παράμετρο, την "bulk" παράμετρο επιφανειακής αντίστασης που λειτουργεί παράλληλα με την αεροδυναμική αντίσταση. Η επιφανειακή αντίσταση, r_s , περιγράφει την αντίσταση της ροής ατμού μέσω των ανοιγμάτων των στομάτων, της συνολικής περιοχής των φύλλων και της εδαφικής επιφάνειας. Η αεροδυναμική αντίσταση, r_a , περιγράφει την αντίσταση από την βλάστηση προς τα πάνω και περιλαμβάνει την τριβή από τον αέρα που ρέει πάνω από τις επιφάνειες με βλάστηση. Αν και η διαδικασία ανταλλαγής σε ένα στρώμα βλάστησης είναι πολύ περίπλοκη για να περιγραφεί πλήρως από τους δύο παράγοντες αντίστασης, μπορεί να προκύψουν καλοί συσχετισμοί μεταξύ της μετρημένης και της υπολογισμένης εξατμισοδιαπνοής, ειδικά για μια ομοιόμορφη επιφάνεια αναφοράς γρασιδιού. (FAO, 1998. Ch. 2: 3).



Σχήμα 1 Απλοποιημένη αναπαράσταση της χοντροειδούς επιφανειακής και αεροδυναμικής αντίστασης για ροή υδρατμών (Πηγή: FAO, 1998. Ch. 2: 3)

Το 1990, ένα συμβούλιο εμπειρογνομόνων και ερευνητών οργανώθηκε από την FAO, σε συνεργασία με την ICID (International Commission for Irrigation and Drainage) και την WMO (World Meteorological Organization) για να επανεξετάσει τις μεθοδολογίες της FAO για τις απαιτήσεις σε νερό των καλλιεργειών και να

γνωμοδοτήσει για την αναθεώρηση και αναπροσαρμογή των διαδικασιών. Η επιτροπή των εμπειρογνομόνων σύστησε την υιοθέτηση της συνδυαστικής μεθόδου Penman-Monteith ως νέο πρότυπο για την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς και γνωμοδότησε για τις διαδικασίες υπολογισμού των διάφορων παραμέτρων. Έτσι προέκυψε η μέθοδος FAO Penman-Monteith, η οποία ξεπερνά τις ανεπάρκειες της προηγούμενης μεθόδου FAO Penman (Doorenbos-Pruitt) και παρέχει τιμές συνεπέστερες προς τα πραγματικά δεδομένα χρήσης νερού από τις καλλιέργειες παγκοσμίως (FAO, 1998. Ch. 2: 8). Ο τύπος της μεθόδου FAO Penman-Monteith (FAO, 1998. Ch. 2: 8) για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς είναι ο ακόλουθος:

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (0.1)$$

όπου: **ET_o** η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς (mm d⁻¹)
R_n η καθαρή ακτινοβολία στην επιφάνεια της καλλιέργειας (MJ m⁻² d⁻¹)
G η εδαφική ροή θερμότητας (MJ m⁻² d⁻¹)
Δ η κλίση της καμπύλης πίεσης κορεσμού υδρατμών (kPa °C⁻¹)
γ ο ψυχομετρικός συντελεστής (kPa °C⁻¹)
T η μέση ημερήσια θερμοκρασία του αέρα σε ύψος 2 m (°C)
u₂ η ταχύτητα ανέμου σε ύψος 2m (m s⁻¹)
e_s-e_a το έλλειμμα κορεσμού στην ατμόσφαιρα (kPa)
e_s η μέση πίεση κορεσμού υδρατμών (kPa)
e_a η πραγματική πίεση υδρατμών (kPa)

Για την ανάλυση της εξίσωσης (1.1) απαιτείται διαδοχικά η ανάλυση των τύπων των μεθόδων Penman και Penman-Monteith για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς.

Η μέθοδος Penman βασίζεται στην παραδοχή ότι οι υδρατμοί κοντά στην επιφάνεια είναι κορεσμένοι, δηλαδή e^o(T)=e_s. Έτσι, ισχύει η προσεγγιστική σχέση:

$$\Delta = \frac{de^o(T)}{dT} = \frac{e^o(T_s) - e_s}{T_s - T} \quad (1.2)$$

όπου: **T_s** η θερμοκρασία στην επιφάνεια (oC)
T η θερμοκρασία του αέρα (oC)
Δ η κλίση καμπύλης πίεσης κορεσμού υδρατμών για θερμοκρασία αέρα T (kPa°C⁻¹)

$$\Delta = \frac{de^{\circ}(T)}{dT} = \frac{4098e^{\circ}(T)}{(T + 237.3)^2} \quad (1.3)$$

όπου: (T) η πίεση κορεσμού υδρατμών για θερμοκρασία αέρα T (kPa)

$$e^{\circ}(T) = 0.6108 \exp\left(\frac{17.27T}{T + 237.3}\right) \quad (1.4)$$

es η μέση πίεση κορεσμού υδρατμών (kPa)
Από τις σχέσεις (1.3) και (1.4) προκύπτει:

$$\Delta = \frac{4098}{(T + 237.3)^2} \cdot 0.6108 \exp\left(\frac{17.27T}{T + 237.3}\right) \quad (1.5)$$

Στην εξίσωση αυτή χρησιμοποιείται η μέση θερμοκρασία αέρα T_{mean} , η οποία προκύπτει ως μέσος όρος της μέγιστης (T_{max}) και της ελάχιστης (T_{min}) θερμοκρασίας αέρα:

$$T = T_{mean} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \quad (1.6)$$

Η εξίσωση του λόγου του Bowen διατυπώνεται ως εξής:

$$B = \gamma \frac{T_s - T}{e^{\circ}(T_s) - e_a} \quad (1.7)$$

όπου: γ ο ψυχομετρικός συντελεστής ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)

$$\gamma = \frac{c_p P}{\epsilon \lambda} = 0,665 \cdot 10^{-3} P \quad (1.8)$$

όπου: c_p η ειδική θερμότητα αέρα για σταθερή πίεση: $= 1.013 \cdot 10^{-3} \text{ MJ kg}^{-1} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$

ϵ ο λόγος μοριακών βαρών νερού και ξερού αέρα: $\epsilon = 0.622$

λ η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης: $\lambda = 2.45 \text{ MJ kg}^{-1}$

P η ατμοσφαιρική πίεση:

$$P = 101.3 \left(\frac{293 - 0.0065z}{293} \right)^{5.26} \quad (\text{kPa}) \quad (1.9)$$

όπου: z το υψόμετρο πάνω από τη στάθμη της θάλασσας (m)
και e_a η πραγματική πίεση υδρατμών η οποία μπορεί να υπολογιστεί από ψυχομετρικά δεδομένα σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$e_a = e^o(T_{wet}) - \gamma_{psy} (T_{dry} - T_{wet}) \quad (1.10)$$

όπου: T_{dry} η θερμοκρασία του ξηρού θερμομέτρου (οC)
 T_{wet} η θερμοκρασία του υγρού θερμομέτρου (οC)
 $e_o(T_{wet})$ η πίεση κορεσμού υδρατμών για τη θερμοκρασία του υγρού θερμομέτρου T_{wet} (kPa)
 γ_{psy} ο ψυχομετρικός συντελεστής του ψυχομέτρου (kPa οC-1) ο οποίος δίνεται από την σχέση:

$$\gamma_{psy} = a_{psy} \cdot P \quad (1.11)$$

όπου: P η ατμοσφαιρική πίεση (kPa)
 και a_{psy} συντελεστής που εξαρτάται κυρίως από το σχέδιο του ψυχομέτρου και τον βαθμό αερισμού γύρω από το υγρό θερμομέτρο. Για κανονικά αεριζόμενα ψυχόμετρα (περίπου 1 m s-1) λαμβάνεται η τιμή $a_{psy} = 0.0008$.
 Εισάγοντας την σχέση(1.2) στην σχέση(1.7) , ο λόγος Bowen προκύπτει:

$$B = \frac{\gamma}{\Delta} \frac{e^o(T_s) - e_a}{e^o(T_s) - e_a} = \frac{\gamma}{\Delta} \left(1 - \frac{e_s - e_a}{e^o(T_s) - e_a} \right) \quad (1.12)$$

Η πλήρης εξίσωση του ενεργειακού ισοζυγίου για συγκεκριμένο όγκο αναφοράς γράφεται ως εξής:

$$R_n = H + \lambda ET + G + Q_B + Q_s + Q_h \quad (1.13)$$

όπου: R_n η ολική καθαρή ενέργεια ακτινοβολίας στην επιφάνεια

$$R_n = S_n - L_n \quad (Mj m^{-2} d^{-1}) \quad (1.14)$$

όπου: S_n η καθαρή ακτινοβολία βραχέων κυμάτων

L_n η καθαρή ακτινοβολία μακρών κυμάτων

H η αισθητή θερμότητα

λET η λανθάνουσα θερμότητα

G η ενέργεια που διακινείται με αγωγή προς το έδαφος ή με αγωγή και μεταφορά προς το υδάτινο σώμα

Q_B η ενέργεια που δαπανάται για τις βιοχημικές διεργασίες των φυτών (της τάξης του 2% της R_n)

Q_S η ενέργεια που αποθηκεύεται προσωρινά στον όγκο αναφοράς

Q_h η ενέργεια που μεταφέρεται οριζόντια προς άλλες περιοχές (φαινόμενο όασης)

Για την εκτίμηση της εξάτμισης σε μια επιφάνεια, η γενική εξίσωση του ενεργειακού ισοζυγίου μπορεί να απλοποιηθεί – μιας και οι ενέργειες QB, QS, Qh μπορεί να θεωρηθούν αμελητέες – ως εξής:

$$R_n - G - \lambda ET - H = 0 \Rightarrow R_n - G = \lambda ET + H \quad (1.15)$$

Από την εξίσωση του λόγου του Bowen:

$$B = \frac{H}{\lambda ET} \Rightarrow H = \lambda ET B \quad (1.16)$$

αντικαθιστώντας στην σχέση (1.15) παίρνουμε:

$$R_n - G = \lambda ET + \lambda ET B \Rightarrow \lambda ET \Rightarrow \frac{R_n - G}{1 + B} \Rightarrow ET(1 + B) = \frac{R_n - G}{\lambda} \quad (1.17)$$

Ο συνδυασμός των σχέσεων (1.12) και (1.17) δίνει:

$$\frac{\Delta + \gamma}{\Delta} ET - \frac{\gamma}{\Delta} \frac{e_s - e_a}{e^o(T_s) - e_a} ET = \frac{R_n - G}{\lambda} \quad (1.18)$$

Η εμπειρικά προσδιορισμένη και γενικευμένη εξίσωση μεταφοράς μάζας έχει τη μορφή:

$$ET = F(u) [e^o(T_s) - e_a] \quad (1.19)$$

όπου: F(u) η συνάρτηση ανέμου (u η ταχύτητα ανέμου (m s⁻¹) μετρημένη σε ύψος 2m)

Αντικαθιστώντας την εξίσωση (1.19) στην εξίσωση (1.18), απαλείφεται η θερμοκρασία της επιφάνειας Ts και έτσι η εξίσωση (1.18) γράφεται:

$$\frac{\Delta + \gamma}{\Delta} ET - \frac{\gamma}{\Delta} F(u) (e_s - e_a) = \frac{R_n - G}{\lambda} \quad (1.20)$$

όπου: το μέγεθος es-ea εκφράζει το έλλειμμα κορεσμού στην ατμόσφαιρα
Επιλύοντας την εξίσωση (1.20) βρίσκουμε την τελική εξίσωση του Penman για εξάτμιση από υδάτινη επιφάνεια:

$$ET = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_n - G}{\lambda} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} F(u) (e_s - e_a) \quad (1.21)$$

Η βασική παραδοχή της μεθόδου Penman, ότι οι υδρατμοί κοντά στην επιφάνεια είναι κορεσμένοι, δεν ευσταθεί στην περίπτωση της διαπνοής, όπου οι υδρατμοί δεν είναι κορεσμένοι στην επιφάνεια των φύλλων.

Έτσι, για την εκτίμηση της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής των φυτών και ειδικότερα της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς, εφαρμόζεται η μέθοδος Penman-Monteith εξίσωση(1.22), τροποποίηση της μεθόδου Penman εξίσωση(1.21) . Στη μέθοδο αυτή εισάγεται η επιφανειακή αντίσταση r_s των στομάτων (επιπλέον της αεροδυναμικής αντίστασης r_a), η οποία εκφράζει την ελεγχόμενη (σε ένα βαθμό) από την χλωρίδα αντίσταση των φυλλωμάτων στην εξάτμιση. Έτσι η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς με την μέθοδο Penman-Monteith δίνεται από τον τύπο:

$$ET = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma'} \frac{R_n - G}{\lambda} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma'} F(u)(e_s - e_a) \quad (1.22)$$

$$\text{όπου: } \gamma' = \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a} \right) \quad (1.23)$$

$$F(u) = \frac{\rho_a c_p}{\gamma \lambda r_a} \quad (1.24)$$

όπου: r_a και r_s η αεροδυναμική και η επιφανειακή αντίσταση αντίστοιχα ($s \cdot m^{-1}$) ρ_a η πυκνότητα του αέρα ($kg \cdot m^{-3}$)

$$\rho_a = 3.450 \frac{P}{T + 273} \quad (1.25)$$

Αντικαθιστώντας τις σχέσεις (1.23) και (1.24) στη σχέση(1.22), παίρνουμε μια άλλη μορφή της εξίσωσης Penman-Monteith:

$$ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{e_s - e_a}{r_a}}{\lambda \left[\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a} \right) \right]} \quad (1.26)$$

Η μέθοδος FAO Penman-Monteith για την εκτίμηση της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς προκύπτει από την παραπάνω εξίσωση και τις εξισώσεις της αεροδυναμικής και της επιφανειακής αντίστασης (εξισώσεις (1.27) και (1.28) αντίστοιχα) σε συνδυασμό με ορισμένες παραδοχές.

Η αεροδυναμική αντίσταση ($s \cdot m^{-1}$) δίνεται από την εξίσωση:

$$r_a = \frac{\ln \left(\frac{z_m - d}{z_{om}} \right) \ln \left(\frac{z_h - d}{z_{oh}} \right)}{k^2 u_z} \quad (1.27)$$

όπου: z_m το ύψος μέτρησης του ανέμου (m)

z_h το ύψος μέτρησης της υγρασίας (m)

d το ύψος μηδενικής επίπεδης μετατόπισης (m)

z_{om} το μήκος τραχύτητας που ρυθμίζει την μεταφορά ορμής (m)

z_{oh} το μήκος τραχύτητας που ρυθμίζει την μεταφορά θερμότητας και ατμού (m)

k η σταθερά του von Karman, $k = 0.41(-)$

u_z η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος z (m s⁻¹)

Η "bulk" επιφανειακή αντίσταση (s m⁻¹) δίνεται από την εξίσωση:

$$r_s = \frac{r_l}{LAI_{active}} \quad (0.28)$$

όπου: r_l η "bulk" αντίσταση των στομάτων του καλά φωτισμένου φύλλου (s m⁻¹)

LAI_{active} ο ενεργός (φωτισμένος) δείκτης επιφάνειας φύλλων (m² [επιφάνεια φύλλων] m⁻² [επιφάνεια εδάφους])

Για μεγάλο εύρος καλλιεργειών το ύψος μηδενικής επίπεδης μετατόπισης d και το μήκος τραχύτητας που ρυθμίζει την μεταφορά ορμής z_{om} μπορούν να εκτιμηθούν από το ύψος της καλλιέργειας h (m) σύμφωνα με τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$d = \frac{2}{3} h \quad (0.29)$$

$$z_{om} = 0.123h \quad (0.30)$$

Το μήκος τραχύτητας που ρυθμίζει την μεταφορά θερμότητας και ατμού z_{oh} μπορεί να προσεγγιστεί με την εξίσωση:

$$z_{oh} = 0.1z_{om} \quad (0.31)$$

Το ύψος της καλλιέργειας αναφοράς (γρασίδι) λαμβάνεται σταθερό:

$$h = 0.12m \quad (0.32)$$

Το ύψος για την ταχύτητα του ανέμου, την θερμοκρασία και την υγρασία λαμβάνεται τυποποιημένο:

$$z_m = z_h = 2m \quad (0.33)$$

Έτσι, η εξίσωση (1.34) της αεροδυναμικής αντίστασης r_a ($s\ m^{-1}$), για επιφάνεια αναφοράς γρασίδι, προκύπτει από την εξίσωση (3.28) με τις παραδοχές των εξισώσεων $\{(1.29),(1.30),(1.31),(1.32),(1.33)\}$:

$$r_a = \frac{208}{u_2} \quad (0.34)$$

Μια γενική εξίσωση για τον ενεργό δείκτη επιφάνειας φύλλων LAI_{active} , η οποία λαμβάνει υπόψη το γεγονός ότι γενικά μόνο το ανώτερο μισό ενός πυκνά κουρεμένου γρασιδιού συνεισφέρει ενεργά στην μεταφορά επιφανειακής θερμότητας και ατμού, είναι η ακόλουθη:

$$LAI_{active} = 0.5LAI \quad (0.35)$$

Μια άλλη γενική εξίσωση για τον δείκτη επιφάνειας φύλλων LAI , για κουρεμένο γρασίδι, είναι:

$$LAI = 24h \quad (0.36)$$

Η αντίσταση των στομάτων r_l ενός μόνο καλά φωτισμένου φύλλου σε καλές συνθήκες ποτίσματος λαμβάνεται σταθερή

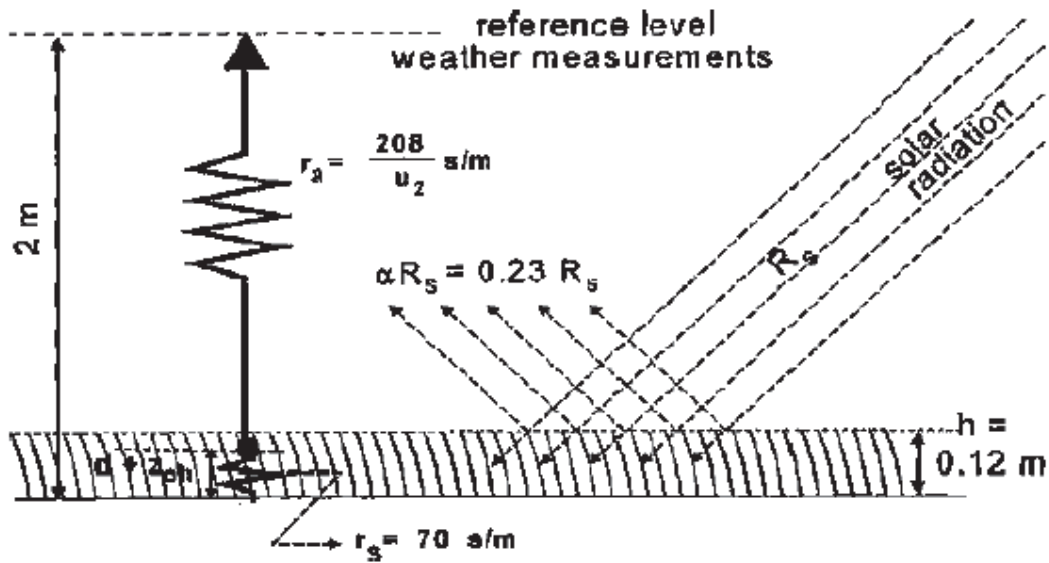
$$r_l = 100\ s\ m^{-1} \quad (0.37)$$

Έτσι, η εξίσωση (1.38) της επιφανειακής αντίστασης r_s ($s\ m^{-1}$) προκύπτει από την εξίσωση (1.28) με τις παραδοχές των εξισώσεων $\{(1.32),(1.35), (1.36),(1.37)\}$:

$$r_s = 70\ s\ m^{-1} \quad (0.38)$$

Συνεπώς η FAO υιοθέτησε τον ακόλουθο ορισμό για την επιφάνεια αναφοράς (Σχήμα 2):

«Μια υποθετική καλλιέργεια αναφοράς με υποτιθέμενο ύψος 0.12 m, επιφανειακή αντίσταση 70 $s\ m^{-1}$ και λευκαύγεια (albedo) 0.23»



Σχήμα 2 Χαρακτηριστικά της υποθετικής καλλιέργειας αναφοράς (Πηγή: FAO, 1998. Ch. 2: 8)

Επομένως, από την αρχική εξίσωση Penman-Monteith (εξίσωση 3.27) και τις εξισώσεις της αεροδυναμικής (εξίσωση 3.35) και επιφανειακής αντίστασης (εξίσωση 3.39), προκύπτει η μέθοδος FAO Penman-Monteith (εξίσωση 3.40) για τον υπολογισμό της ET_o (Σχήμα 2).

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (0.39)$$

Για ημερήσιο χρονικό βήμα η εδαφική ροή θερμότητας G ($MJ m^{-2} d^{-1}$) μπορεί να αμεληθεί:

$$G = 0 \quad (0.40)$$

Η ολική καθαρή ακτινοβολία R_n ($MJ m^{-2} d^{-1}$) (εξίσωση 3.42) είναι η διαφορά της καθαρής ακτινοβολίας βραχέων κυμάτων R_{ns} ($MJ m^{-2} d^{-1}$) μείον την καθαρή ακτινοβολία μακρών κυμάτων R_{nl} ($MJ m^{-2} d^{-1}$) (Σχήμα 3).

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (0.41)$$

$$\text{όπου: } R_{ns} = (1 - a)R_s \quad (0.42)$$

όπου: a η λευκαύγεια (albedo) η οποία λαμβάνεται 0.23 για την καλλιέργεια αναφοράς (-)

R_s η ηλιακή ακτινοβολία (MJ m⁻² d⁻¹) η οποία δίνεται από τον τύπο:

$$R_s = \left(a_s + b_s \frac{n}{N} \right) R_a \quad (0.43)$$

όπου: a_s, b_s σταθερές Angstrom (τυπικές τιμές: $= 0.25$ s a , $= 0.50$ s b)

n η πραγματική διάρκεια ηλιοφάνειας (h)

N η αστρονομική διάρκεια της ημέρας (h)

n/N η σχετική διάρκεια ηλιοφάνειας (-)

R_a η εξωγήινη ακτινοβολία (MJ m⁻² d⁻¹) η οποία δίνεται από τον τύπο:

$$R_a = \frac{24 \cdot 60}{\pi} G_{sc} d_r \left[\omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s) \right] \quad (0.44)$$

όπου: φ το γεωγραφικό πλάτος (rad)

δ η ηλιακή απόκλιση (rad) η οποία δίνεται από τον τύπο:

$$\delta = 0.409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1.39\right) \quad (0.45)$$

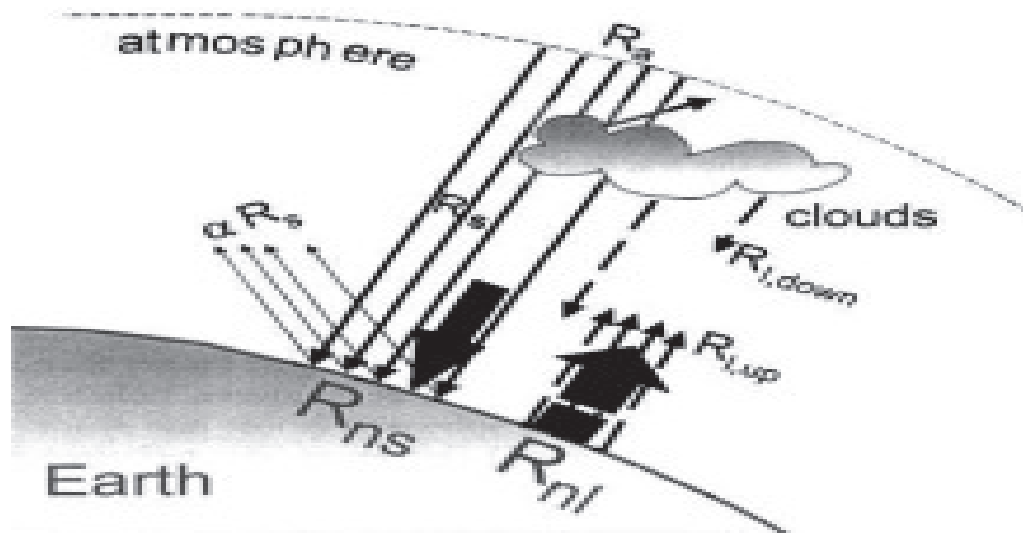
όπου: J ο αριθμός της ημέρας του έτους (1 την 1η Ιανουαρίου και 365 ή 366 την 31η Δεκεμβρίου) ω_s η γωνία ώρας δύσης ηλίου (rad) η οποία δίνεται από τον τύπο:

$$\omega_s = \arccos\left[-\tan(\varphi) \tan(\delta)\right] \quad (0.46)$$

d_r η αντίστροφη σχετική απόσταση γης-ήλιου (-) η οποία δίνεται από τον τύπο:

$$d_r = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right) \quad (0.47)$$

G_{sc} η ηλιακή σταθερά: $= 0.0820$ sc G MJ m⁻² min⁻¹



Σχήμα 3. Συνιστώσες της ακτινοβολίας (Πηγή: FAO, 1998. Ch. 3: 16)

$$R_{nl} = \sigma \left[\frac{T_{\max,K}^4 + T_{\min,K}^4}{2} \right] \left(0.34 - 0.14\sqrt{e_a} \right) \left(1.35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35 \right) \quad (0.48)$$

όπου: σ η σταθερά Stefan-Boltzmann $\sigma = 4.903 \cdot 10^{-9} \text{ MJ K}^{-4} \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$

$T_{\max,K}$ και $T_{\min,K}$ (K) η μέγιστη και ελάχιστη (αντίστοιχα) απόλυτη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του 24-ώρου ($K = 0C + 273.16$)

R_{so} η ηλιακή ακτινοβολία καθαρού ουρανού ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) από τον τύπο:

$$R_{so} = (0.75 + 2 \cdot 10^{-5} z) R_a \quad (0.49)$$

όπου: z το υψόμετρο του σταθμού πάνω από το επίπεδο της θάλασσας (m)

Ο συντελεστής καλλιέργειας (K_c) είναι ο λόγος της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας υπό τυπικές συνθήκες (E_{Tc}) προς την εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς γρασιδιού (E_{To}).

Οι διαφορές στην εξάτμιση και την διαπνοή μεταξύ της εκάστοτε καλλιέργειας και της καλλιέργειας αναφοράς γρασιδιού μπορούν να ενσωματωθούν σε έναν απλό συντελεστή καλλιέργειας (K_c) ή να χωριστούν σε δύο συντελεστές: έναν συντελεστή βασικής καλλιέργειας (K_{cb}) και έναν συντελεστή εδαφικής εξάτμισης (K_e), δηλαδή:

$$E_{cbe} K = K_{cb} + K_e \quad (3.51)$$

Στην προσέγγιση του απλού συντελεστή καλλιέργειας, η επίδραση της διαπνοής της καλλιέργειας και της εδαφικής εξάτμισης συνδυάζονται σε έναν συντελεστή K_c . Ο συντελεστής αυτός ενσωματώνει τις διαφορές στην εδαφική εξάτμιση και τη διαπνοή

της καλλιέργειας μεταξύ της εκάστοτε καλλιέργειας και της καλλιέργειας αναφοράς γρασιδιού. Δεδομένου ότι η εδαφική εξάτμιση μπορεί να κυμαίνεται καθημερινά ως αποτέλεσμα των βροχοπτώσεων ή της άρδευσης, ο απλός συντελεστής καλλιέργειας εκφράζει μόνο τις μέσες χρονικά επιπτώσεις (πολλών ημερών) της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας.

Στη προσέγγιση του διπλού συντελεστή καλλιέργειας, η επίδραση της διαπνοής της καλλιέργειας και της εδαφικής εξάτμισης καθορίζονται ξεχωριστά. Χρησιμοποιούνται δύο συντελεστές: ο βασικός συντελεστής καλλιέργειας (K_{cb}) για να περιγράψει την διαπνοή της καλλιέργειας, και ο συντελεστής εδαφικής εξάτμισης (K_e) για να περιγράψει την εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους.

Η προσέγγιση που θα ακολουθείται κάθε φορά πρέπει να επιλέγεται ανάλογα με τον σκοπό του υπολογισμού, την απαιτούμενη ακρίβεια, τα διαθέσιμα κλιματικά δεδομένα και το χρονικό βήμα για το οποίο γίνονται οι υπολογισμοί (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Γενικά κριτήρια επιλογής για τις δυο προσεγγίσεις υπολογισμού του συντελεστή καλλιέργειας (Πηγή: FAO, 1998. Ch. 5: 8)

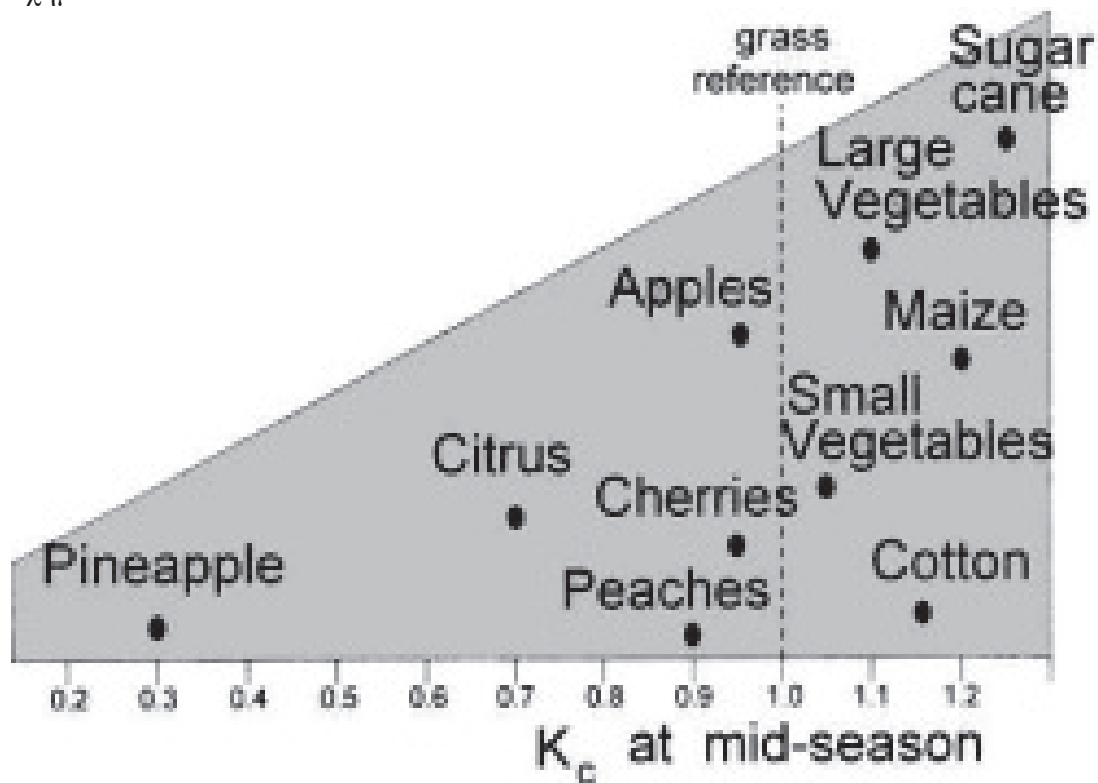
	Απλός συντελεστής καλλιέργειας K_c	Διπλός συντελεστής καλλιέργειας $K_{cb} + K_e$
Σκοπός υπολογισμού	- προγραμματισμός και σχεδιασμός άρδευσης - διαχείριση άρδευσης - βασικά προγράμματα άρδευσης -real time προγραμματισμός άρδευσης για χαμηλής συχνότητας εφαρμογές νερού (άρδευση επιφανειακή και με καταιονισμό)	- έρευνα - real time προγραμματισμός άρδευσης - προγραμματισμός άρδευσης για υψηλής συχνότητας εφαρμογές νερού (μικροάρδευση και άρδευση με αυτόματο καταιονισμό) - συμπληρωματική άρδευση - λεπτομερείς εδαφολογικές μελέτες και μελέτες υδρολογικού ισοζυγίου
Χρονικό βήμα	ημέρα, 10-ημέρες, μήνας (δεδομένα και υπολογισμοί)	ημέρα (δεδομένα και υπολογισμοί)

Ο συντελεστής καλλιέργειας K_c μεταβάλλεται κυρίως ως συνάρτηση των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών της καλλιέργειας και μόνο σε περιορισμένο βαθμό ως συνάρτηση του κλίματος. Ενσωματώνει την επίδραση των χαρακτηριστικών που διακρίνουν μια τυπική καλλιέργεια από την καλλιέργεια αναφοράς γρασιδιού, η οποία έχει σταθερή παρουσία και πλήρη κάλυψη του εδάφους. Συνεπώς, οι διαφορετικές καλλιέργειες θα έχουν διαφορετικούς συντελεστές K_c . Τα μεταβαλλόμενα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας κατά τη διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης επηρεάζουν επίσης τον συντελεστή K_c .

Τέλος, δεδομένου ότι η εξάτμιση αποτελεί ενσωματωμένο κομμάτι της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας, οι συνθήκες που επηρεάζουν την εδαφική εξάτμιση θα έχουν επίσης επίδραση και στον K_c .

Λόγω των διαφορών στη λευκαύγεια, το ύψος της καλλιέργειας, τις αεροδυναμικές ιδιότητες, και τις ιδιότητες των φύλλων και των στομάτων, η εξατμισοδιαπνοή μιας πλήρως ανεπτυγμένης, καλά ποτιζόμενης καλλιέργειας διαφέρει από την ETo .

Η επίδραση του τύπου της καλλιέργειας στον συντελεστή K_c απεικονίζεται στο Σχήμα 4.



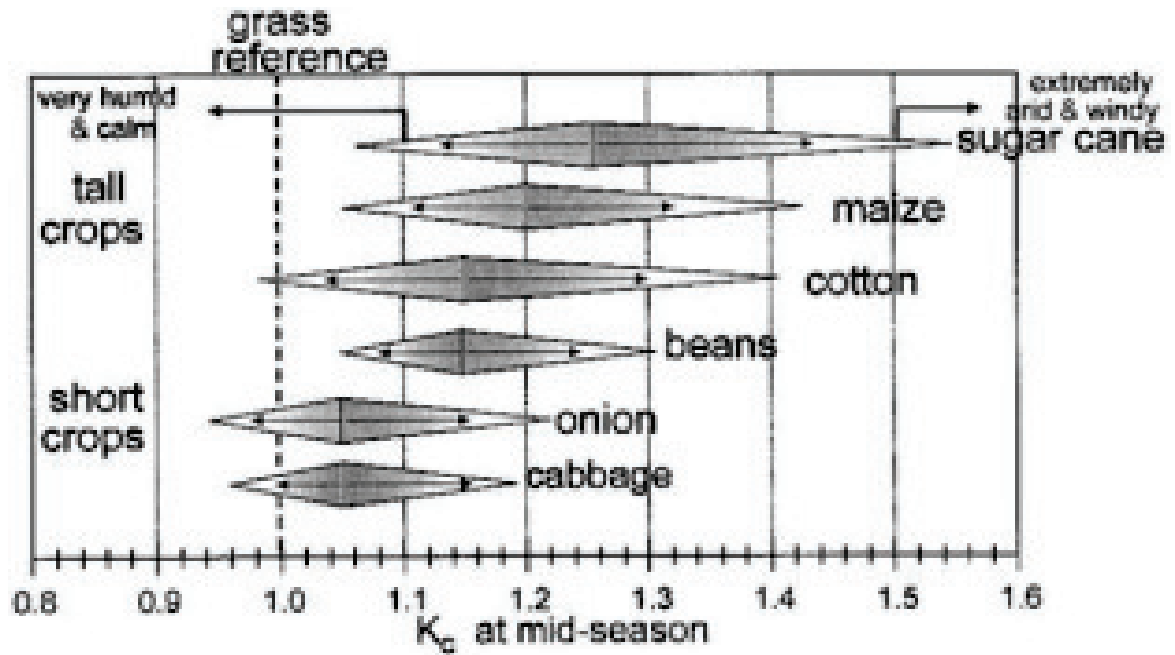
Σχήμα 4. Τυπικές τιμές του συντελεστή K_c για διαφορετικούς τύπους πλήρως ανεπτυγμένων καλλιεργειών (Πηγή: FAO, 1998. Ch. 5: 4)

✓ Κλίμα

Οι τυπικές τιμές που δίνονται για τον συντελεστή K_c αποτελούν μέσες τιμές που αναμένονται σε τυπικές κλιματικές συνθήκες, οι οποίες καθορίζονται ως υγρό κλίμα με μέση ελάχιστη σχετική υγρασία κατά την διάρκεια της ημέρας $RH_{min} \approx 45\%$ και μικρές με μέτριες ταχύτητες ανέμου μέσου όρου 2 m/s.

Η σχετική επίδραση του κλίματος στον συντελεστή K_c για πλήρως ανεπτυγμένες καλλιέργειες απεικονίζεται στο Σχήμα 5. Τα ανώτερα όρια αντιπροσωπεύουν τις εξαιρετικά ξηρές και θευλλώδεις συνθήκες, ενώ τα κατώτερα όρια ισχύουν στις πολύ υγρές και ήρεμες καιρικές συνθήκες.

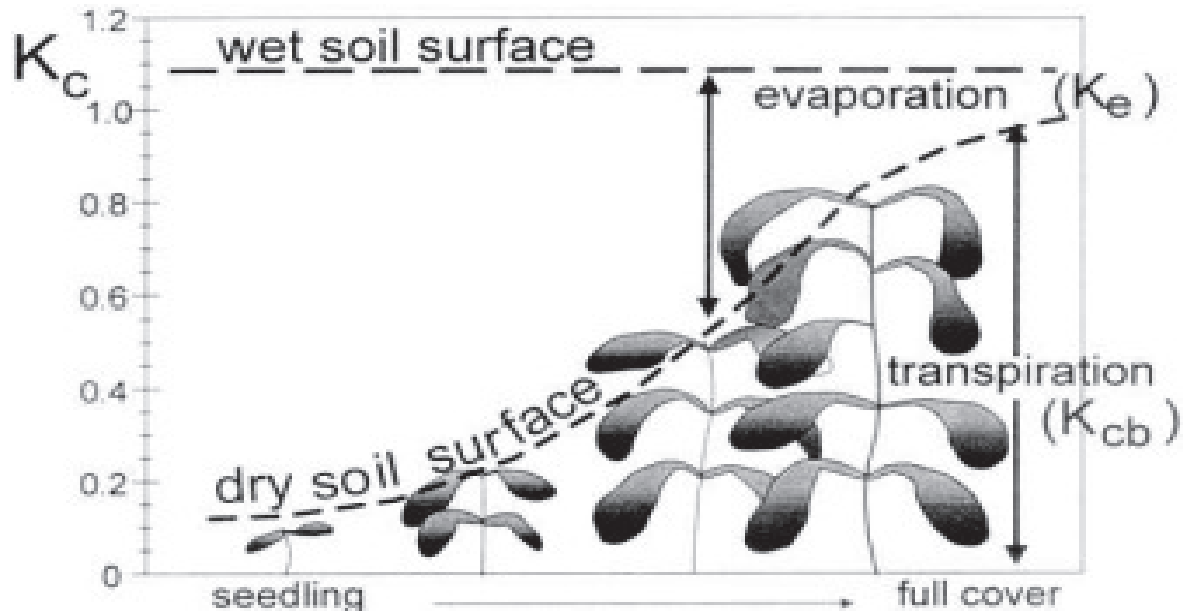
Οι διακυμάνσεις που αναμένονται για τον συντελεστή K_c όταν μεταβάλλονται οι κλιματικές και καιρικές συνθήκες είναι αρκετά μικρές για τις χαμηλές καλλιέργειες αλλά μεγάλες για τις ψηλές καλλιέργειες.



Σχήμα 5. Ακραίες διακυμάνσεις που αναμένονται για τον συντελεστή K_c για πλήρως ανεπτυγμένες καλλιέργειες όταν μεταβάλλονται οι κλιματικές και καιρικές συνθήκες (Πηγή: FAO, 1998. Ch. 5: 4)

✓ Εδαφική εξάτμιση

Η επίδραση της εξάτμισης στον συντελεστή K_c απεικονίζεται στο Σχήμα 6. Η οριζόντια γραμμή αντιπροσωπεύει τον συντελεστή K_c όταν η εδαφική επιφάνεια διατηρείται συνεχώς υγρή. Η καμπύλη γραμμή αντιστοιχεί στον συντελεστή K_c όταν η εδαφική επιφάνεια διατηρείται ξηρή αλλά η καλλιέργεια λαμβάνει επαρκές νερό για να διατηρείται πλήρης διαπνοή.



Σχήμα 6. Η επίδραση της εξάτμισης στον συντελεστή K_c (Πηγή: FAO, 1998. Ch. 5: 5)

Οι διαφορές στην εδαφική εξάτμιση μεταξύ της καλλιέργειας και της καλλιέργειας αναφοράς γρασιδιού μπορούν να προσεγγιστούν ακριβέστερα με την χρησιμοποίηση διπλού συντελεστή καλλιέργειας.

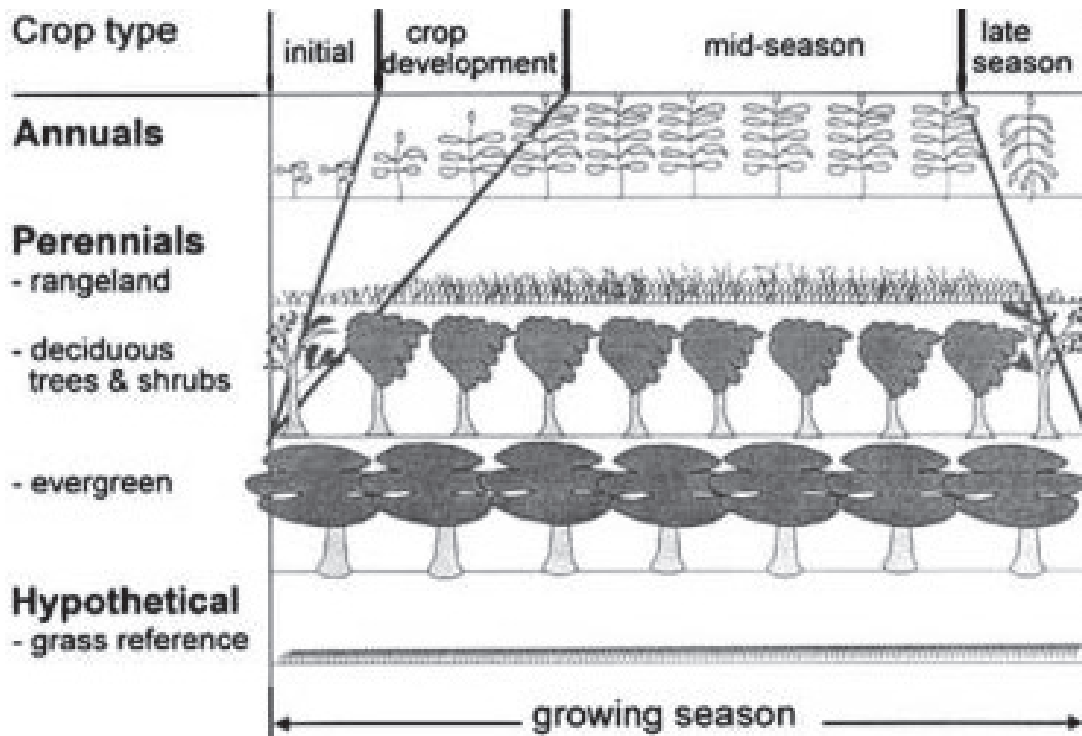
✓ Στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας

Καθώς η καλλιέργεια αναπτύσσεται, η κάλυψη του εδάφους, το ύψος της καλλιέργειας και η επιφάνεια των φύλλων αλλάζουν. Λόγω διαφορών στην εξατμισοδιαπνοή κατά τη διάρκεια των διαφόρων σταδίων ανάπτυξης, ο συντελεστής K_c για δεδομένη καλλιέργεια θα κυμαίνεται κατά την διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης.

Η περίοδος ανάπτυξης μπορεί να διαιρεθεί σε τέσσερα διακριτά στάδια:

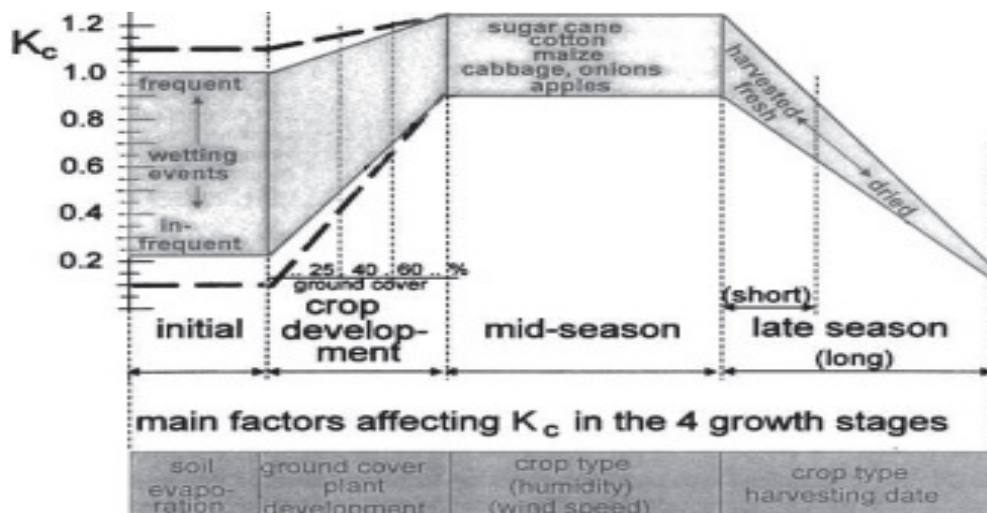
- 1) αρχικό στάδιο
- 2) στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας
- 3) στάδιο μέσης εποχής
- 4) στάδιο τέλους εποχής

Στο Σχήμα 7 παρουσιάζεται η γενική ακολουθία και η αναλογία αυτών των σταδίων για διαφορετικούς τύπους καλλιέργειας.



Σχήμα 7. Στάδια ανάπτυξης για διαφορετικούς τύπους καλλιέργειας (Πηγή: FAO, 1998. Ch. 5: 5)

Το Σχήμα 8 απεικονίζει την μεταβολή του συντελεστή K_c για διαφορετικές καλλιέργειες υπό την επιρροή των καιρικών παραγόντων και της ανάπτυξης της καλλιέργειας.

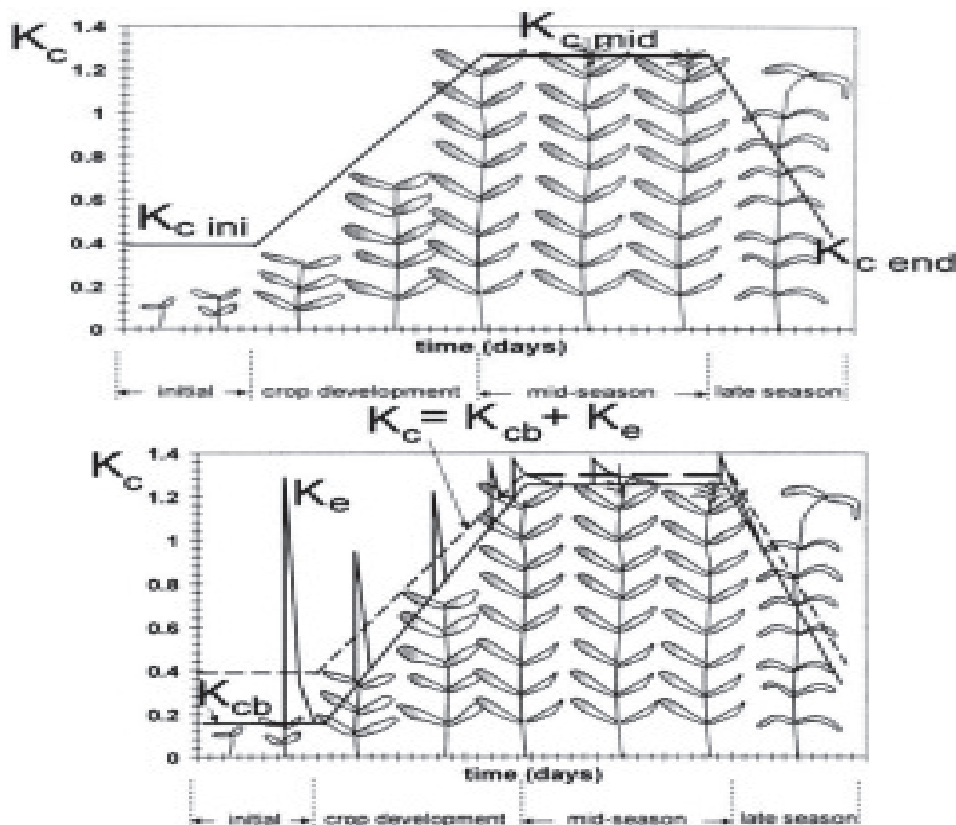


Σχήμα 8. Τυπικές διακυμάνσεις που αναμένονται για τον συντελεστή K_c στα τέσσερα στάδια ανάπτυξης (Πηγή: FAO, 1998. Ch. 5: 7)

Μετά από την επιλογή της προσέγγισης για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής της

καλλιέργειας, τον καθορισμό των διαρκειών για τα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας και των αντίστοιχων συντελεστών καλλιέργειας, μπορεί να κατασκευαστεί η καμπύλη του συντελεστή καλλιέργειας (Σχήματα 8, 9).

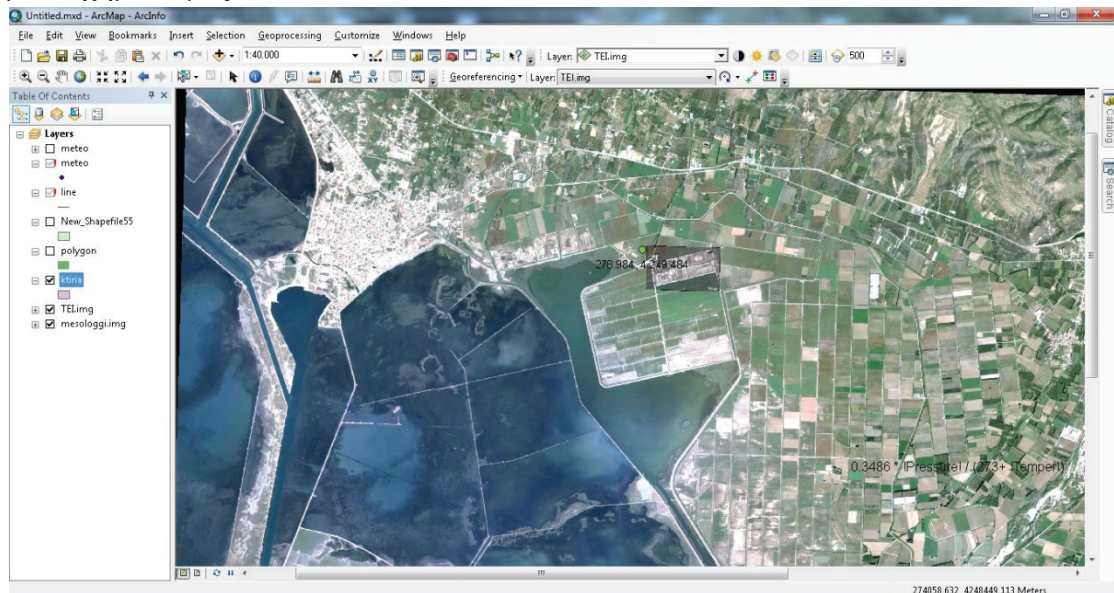
Η καμπύλη αντιπροσωπεύει τις αλλαγές του συντελεστή καλλιέργειας σε όλο το μήκος της εποχής ανάπτυξης. Η μορφή της καμπύλης αντιπροσωπεύει τις αλλαγές στη βλάστηση και την κάλυψη του εδάφους κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης και της ωρίμανσης της καλλιέργειας οι οποίες έχουν επιπτώσεις στον λόγο ETc προς ET0. Από την καμπύλη μπορεί να εξαχθεί ο συντελεστής Kc και ως εκ τούτου η ETc για οποιαδήποτε περίοδο μέσα στην εποχή ανάπτυξης.



Σχήματα 8, 9. Καμπύλες συντελεστή καλλιέργειας K_c (απλού και διπλού αντίστοιχα)
(Πηγή: FAO, 1998. Ch. 5: 10)

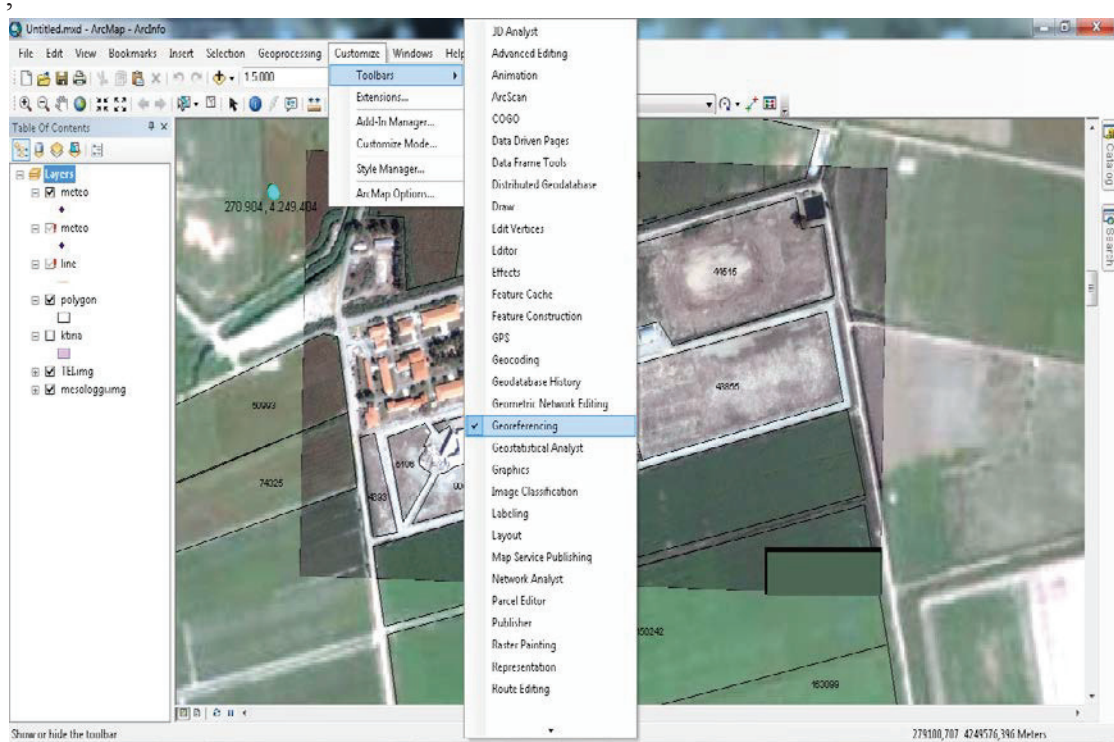
3 Υλικά και Μέθοδοι

Αρχικά, κάναμε συλλογή δεδομένων από τον μετεωρολογικό σταθμό του ΤΕΙ με συντεταγμένες του ίδιου του σταθμού (ΕΓΣΑ87 X 279451m, Y 4249127m και υψόμετρο 2 μέτρα). Στη συνέχεια, τα χωρίσαμε για τρεις μήνες (Μάρτιο, Απρίλιο, Μάιο 2011) και τα μετατρέψαμε από ημερήσια μέσα αποτελέσματα σε μηνιαία μέσα αποτελέσματα. Μετά από αυτό, χρησιμοποιήσαμε το ArcMap, το οποίο ανήκει στο ArcGIS 9.3 της ESRI για να γεωαναφέρουμε την εικόνα του ΤΕΙ μας. Χρησιμοποιήσαμε αυτή τη διαδικασία, κατά την οποία δώσαμε πραγματικές γεωγραφικές συντεταγμένες επιθυμητού συστήματος αναφοράς συντεταγμένων σε μία ψηφιακή εικόνα που έχει προέλθει από δορυφορική φωτογραφία. Η εικόνα που προέκυψε εφαρμόζοντας την παραπάνω μεθοδολογία ονομάζεται γεωαναφερόμενη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή χαρτογραφικών πληροφοριών σε διανυσματική μορφή με τη διαδικασία της ψηφιοποίησης. Για να επιτευχθεί αυτό, απαιτείται η ύπαρξη ικανού αριθμού σημείων ελέγχου από την εικόνα, των οποίων οι συντεταγμένες βρίσκονται σ' ένα ορισμένο γεωγραφικό σύστημα αναφοράς, δηλαδή μας είναι ήδη γνωστές. Τα σημεία αυτά ελέγχου της εικόνας χρησιμοποιούνται στη συνέχεια, μέσω του κατάλληλου λογισμικού, ως βάση αναφοράς για τον καθορισμό των συντεταγμένων του πραγματικού κόσμου και για την υπόλοιπη εικόνα. Έτσι, κάθε μονάδα καννάβου του χάρτη αποκτά πραγματικές γεωγραφικές συντεταγμένες. Ο μετασχηματισμός που χρησιμοποιήσαμε για την επίτευξη αυτού είναι ο Αφινικός μετασχηματισμός².



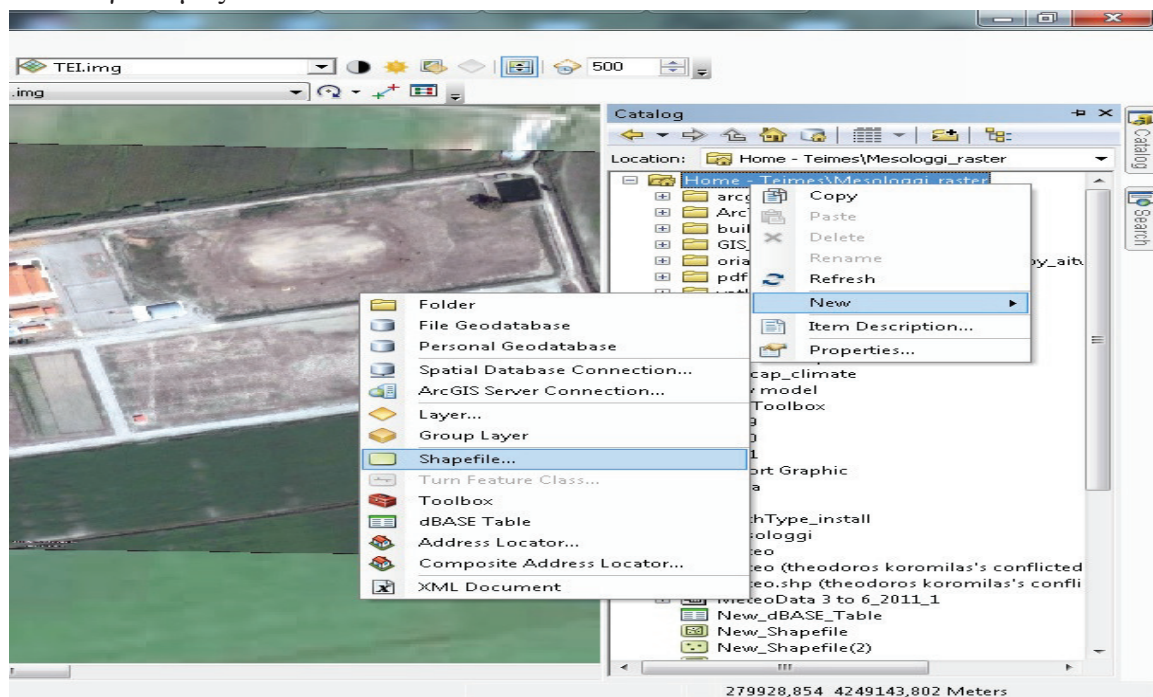
Εικόνα 6 υπόβαθρο γεωαναφερμένης εικόνας ΤΕΙ

²Αφινικός μετασχηματισμός Κατσουγιαννόπουλος Σέρρες 2008

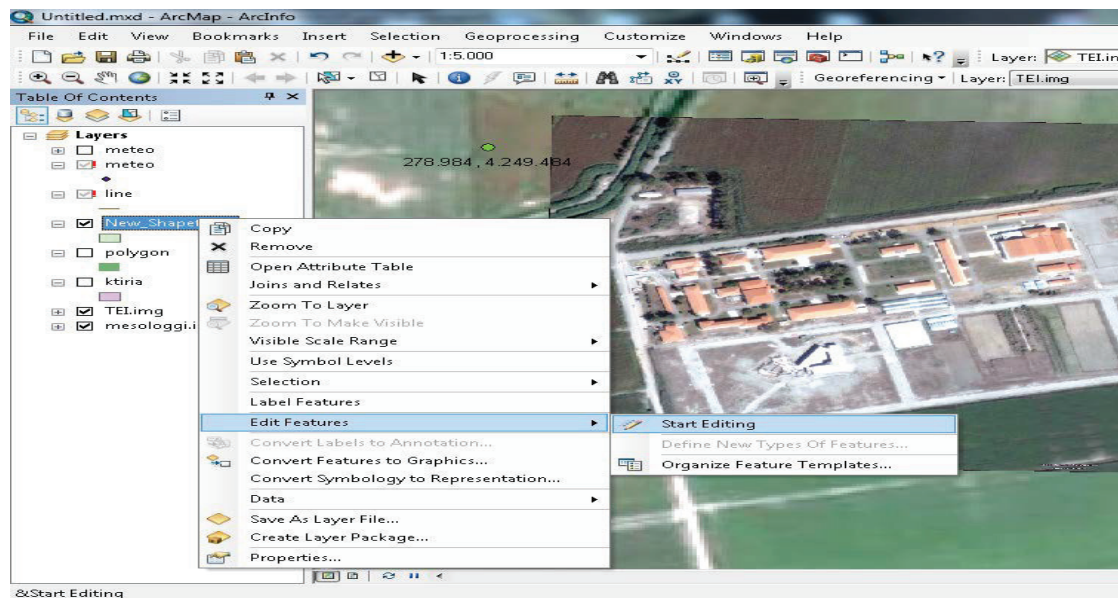


Εικόνα 7 Εμφάνιση εργαλείων γεωαναφοράς

Τα δεδομένα για τα σημεία τα πήραμε από το GPS. Έπειτα, δημιουργήσαμε στο ArcCatalog ένα Shapefile για πολύγωνα και πάνω στο υπόβαθρό μας δημιουργήσαμε το πολύγωνό μας.



Εικόνα 8 Δημιουργία αρχείων shapefile



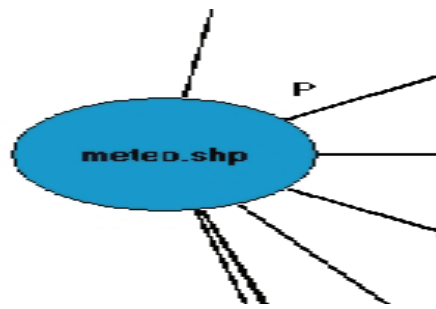
Εικόνα 9 Επεξεργασία αχρείων shapefile

Στη συνέχεια, προσθέσαμε τα πεδία στον πίνακα του πολυγώνου μας (υψόμετρο, αριθμός ημέρας, σχετική υγρασία, φ, ποσοστό νέφωσης, ταχύτητα αέρα, θερμοκρασία, έκταση).

FID	Shape	Id	Temper	RH	Wind speed	altimeter	Cloudness	phi	Evapotrans	AREA
0	Point	3	11,3	0,8	14,32	2	0,74	2,27507	38,363	0
1	Point	4	14,83	0,779	5,36	2	0,68	3,049147	38,363	0
2	Point	5	19,04	0,7795	3,43	2	0,64	3,999083	38,363	0

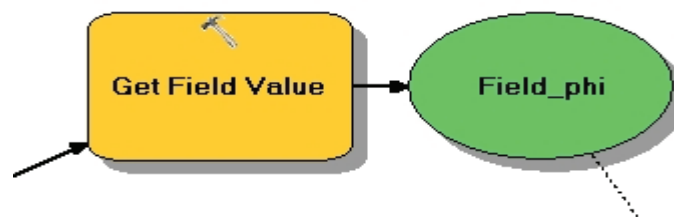
Εικόνα 10 Πίνακας του shape file meteo με τα πεδία του

Μετά, με τη χρήση του ModelBuilder (στο ArcMap) μοντελοποιήσαμε την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς, με τη χρήση των προηγούμενων πεδίων, με βάση τη μέθοδο Penman-Monteith



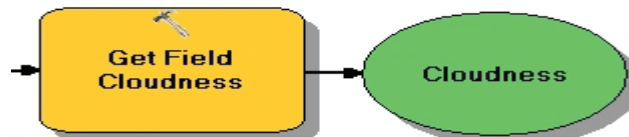
Εικόνα 11

Στο shapefile meteo.shp στο οποίο υπάρχει ο πίνακα (table) με τα πεδία (fields).



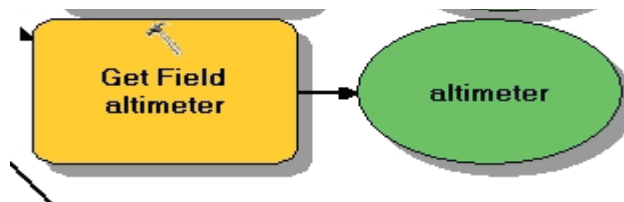
Εικόνα 12

Εισάγει την τιμή από το πεδίο phi από τον πίνακα στο πεδίο Field_phi προσωρινά μέχρι να χρειαστεί



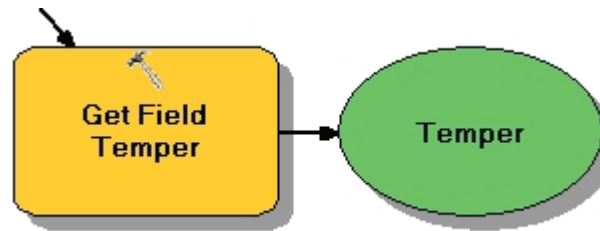
Εικόνα 13

Για το ποσοστό νέφωσης εισάγει την τιμή από το πεδίο Cloudness από τον πίνακα στο πεδίο Cloudness



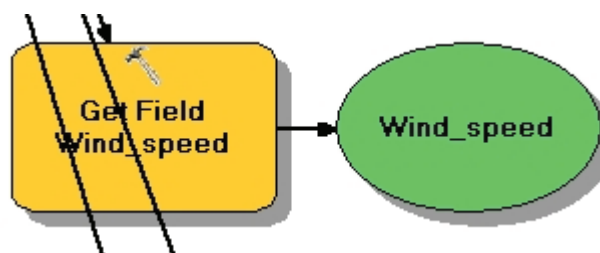
Εικόνα 14

Για το υψόμετρο εισάγει την τιμή από το πεδίο altimeter από τον πίνακα στο πεδίο altimeter



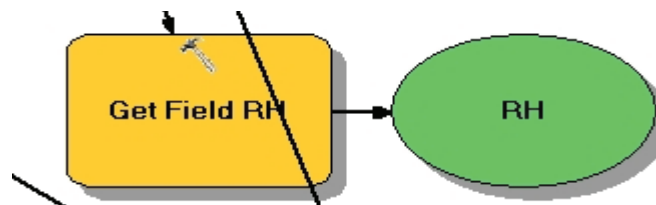
Εικόνα 15

Για την θερμοκρασία εισάγει την τιμή από το πεδίο Temper από τον πίνακα στο Temper



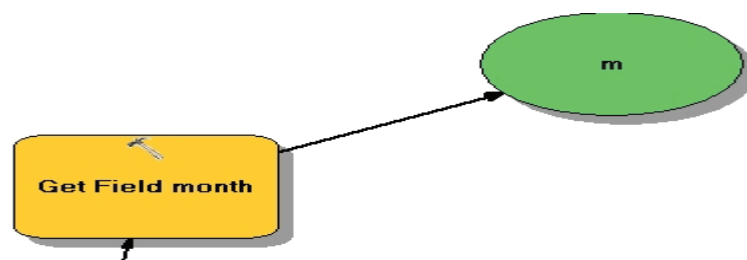
Εικόνα 16

Για την ταχύτητα αέρα εισάγει την τιμή από το πεδίο Wind_speed από τον πίνακα στο Wind_speed



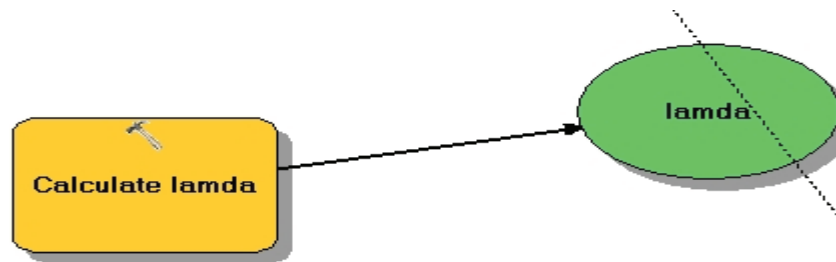
Εικόνα 17

Για την σχετική υγρασία εισάγει την τιμή από το πεδίο RH από τον πίνακα στο RH



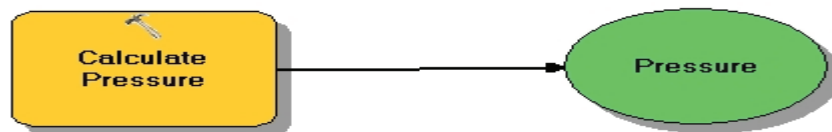
Εικόνα 18

Για τον μηνά εισάγει την τιμή από το πεδίο ID από τον πίνακα στο m



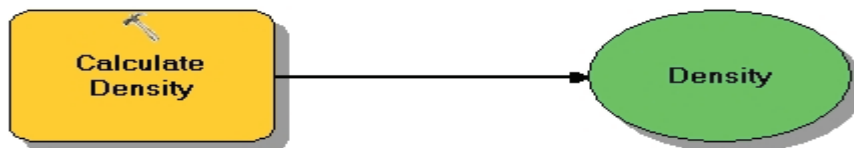
Εικόνα 19

Υπολογισμός Λανθάνουσα θερμότητα εξατμησης με χρήση του πεδίου Temper



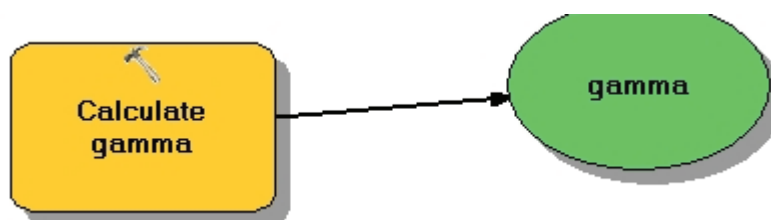
Εικόνα 20

Υπολογισμός Ατμοσφαιρικής πίεσης με χρήση του πεδίου altimeter



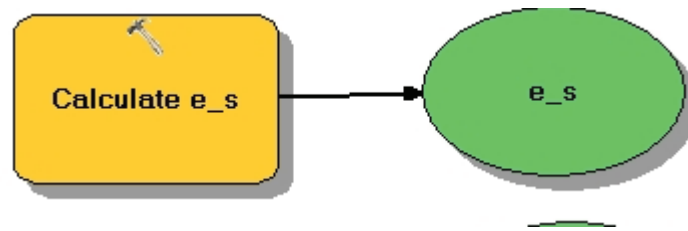
Εικόνα 21

Υπολογισμός Πυκνότητα αέρα (με βάση την καταστατική εξίσωση των αερίων) με χρήση των πεδίων Pressure και Temper



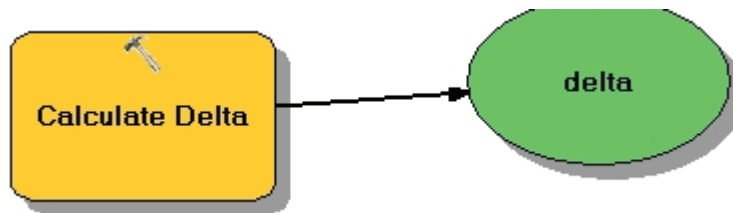
Εικόνα 22

Υπολογισμός Ψυχομετρικού συντελεστή με χρήση των πεδίων Pressure και lamda



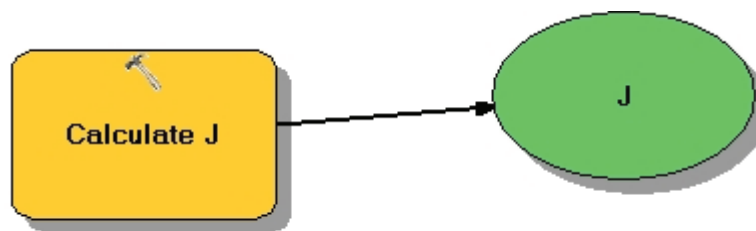
Εικόνα 23

Υπολογισμός Πίεσης κορεσμού υδρατμών με χρήση του πεδίου Temper



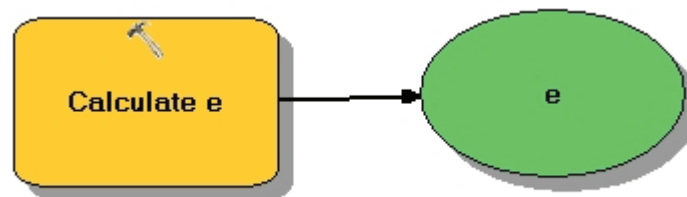
Εικόνα 24

Υπολογισμός Κλίσης καμπύλης πίεσης κορεσμού υδρατμών με χρήση των πεδίων Temper και e_s



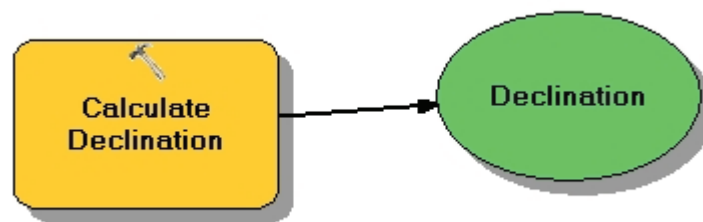
Εικόνα 25

Υπολογισμός Αριθμού ημέρας με χρήση του πεδίου m



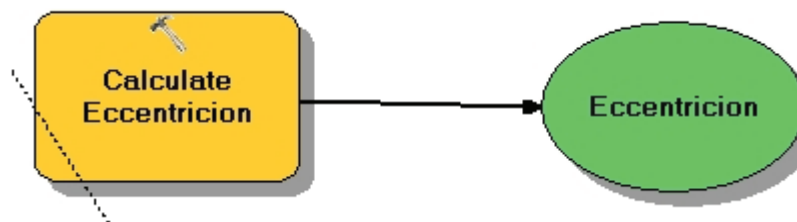
Εικόνα 26

Υπολογισμός Πίεσης υδρατμών με χρήση των πεδίων e_s και RH



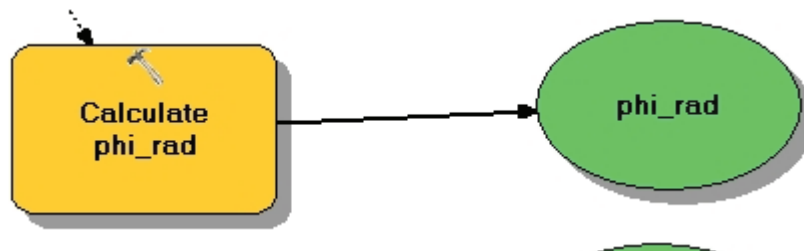
Εικόνα 27

Υπολογισμός Ηλιακής απόκλισης με χρήση του πεδίου J

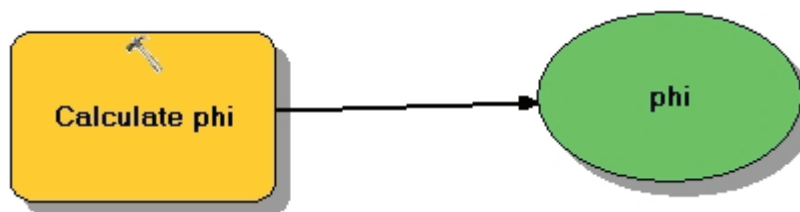


Εικόνα 28

Υπολογισμός Εκκεντρότητας με χρήση του πεδίου J

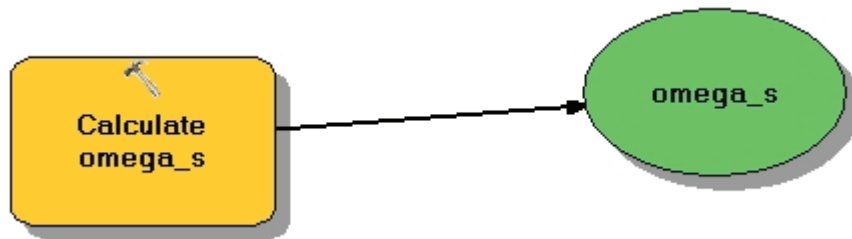


Εικόνα 29



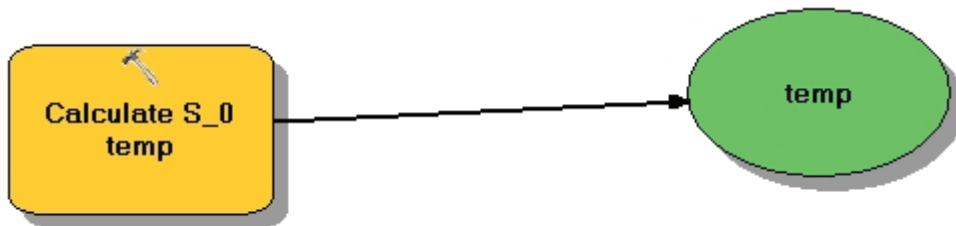
Εικόνα 30

Υπολογισμός Γεωγραφικού πλάτους σε ακτίνια(rad) με χρήση του πεδίουField_phi

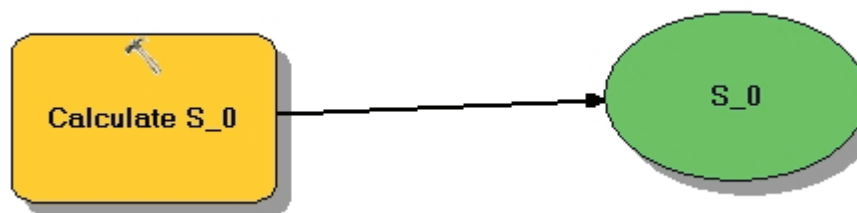


Εικόνα 31

Υπολογισμός Γωνίας ώρας δύσης ηλίου με χρήση του πεδίου phi

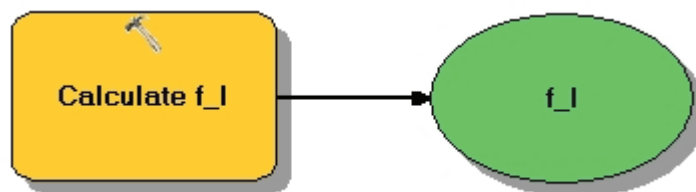


Εικόνα 32



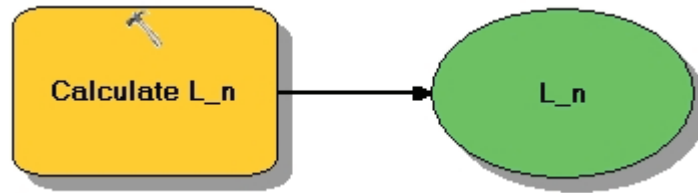
Εικόνα 33

Υπολογισμός Εξωγήινης ηλιακής ακτινοβολίας με χρήση των πεδίων Eccentricion, omega_s, Declination και phi_rad



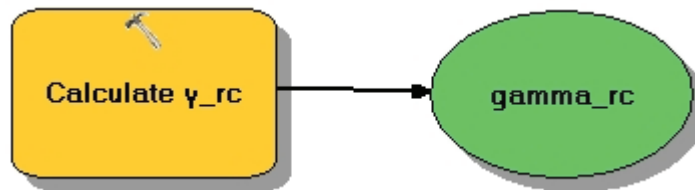
Εικόνα 34

Υπολογισμός Συντελεστή Επίδρασης της νέφωσης με χρήση του πεδίου Cloudness



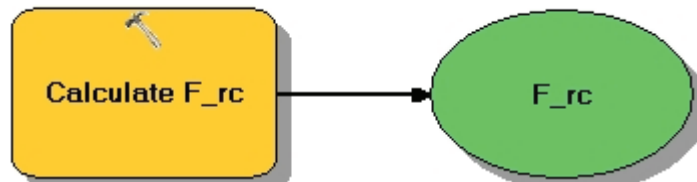
Εικόνα 35

Υπολογισμός Καθαρής Ακτινοβολίας μακρών κυμάτων με χρήση του πεδίου Temper



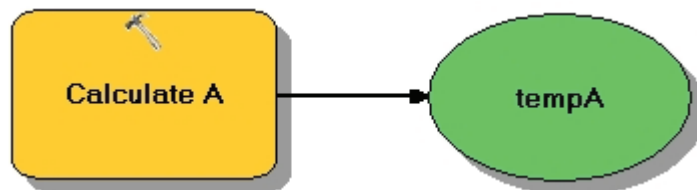
Εικόνα 36

Υπολογισμός Συντελεστή γ' με χρήση των πεδίων Wind_speed και gamma



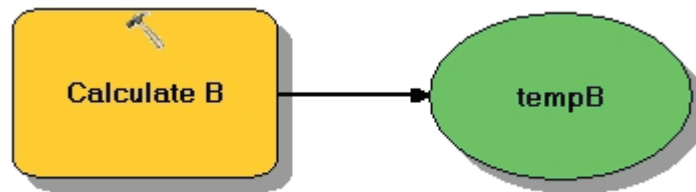
Εικόνα 37

Υπολογισμός Συντελεστή επίδρασης της νέφωσης με χρήση των πεδίων Wind_speed και Temper



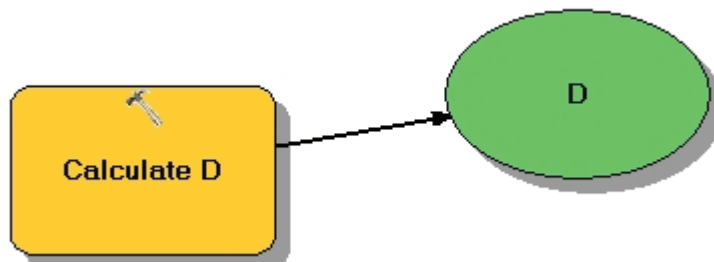
Εικόνα 38

Υπολογισμός των όρων $\frac{\Delta}{\Delta + \gamma}$



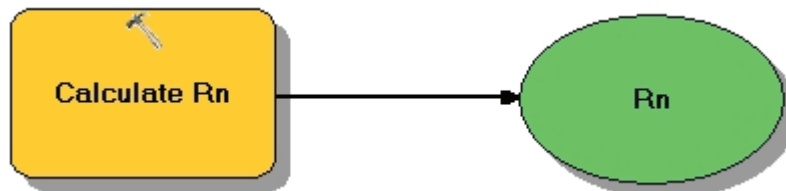
Εικόνα 39

Υπολογισμός των όρων $\frac{\Delta}{\Delta + \gamma'}$



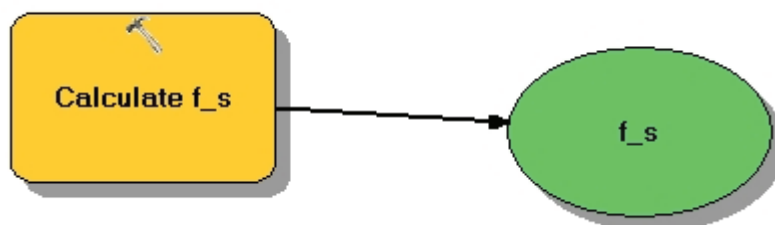
Εικόνα 40

Υπολογισμός έλλειμμα κορεσμού με χρήση των πεδίων e_s και e



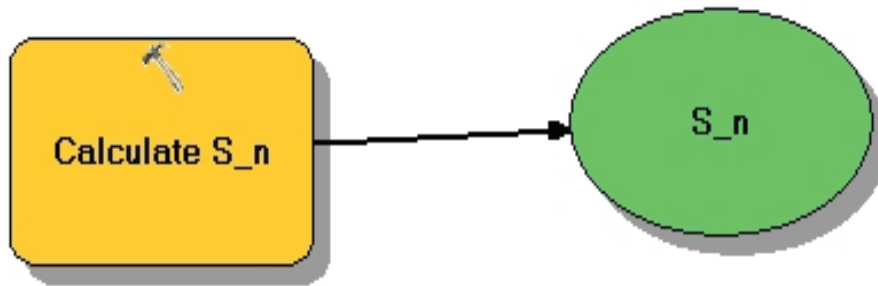
Εικόνα 41

Υπολογισμός ολική καθαρή ενέργεια ακτινοβολίας στην επιφάνεια της γης με χρήση των πεδίων S_n και L_n



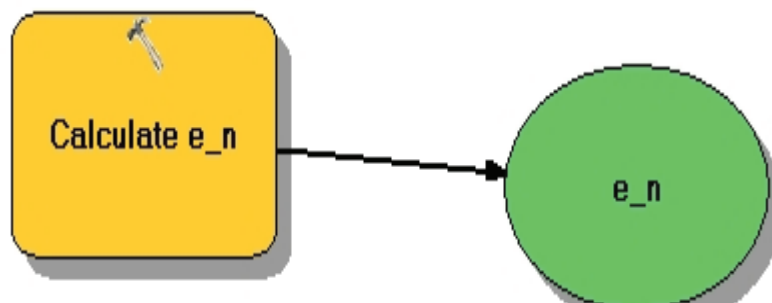
Εικόνα 42

Υπολογισμός Συντελεστή απορρόφησης της ατμόσφαιρας με χρήση του πεδίου Cloudness



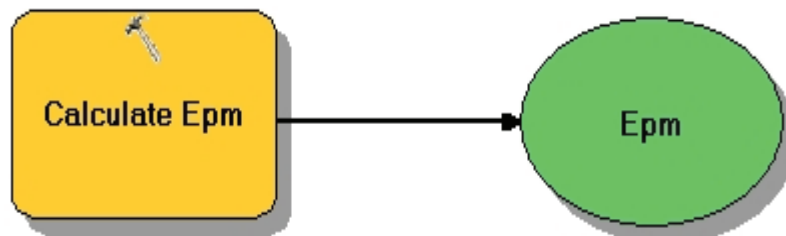
Εικόνα 43

Υπολογισμός Καθαρή Ακτινοβολία βραχέων κυμάτων με χρήση των πεδίων f_s και S_0



Εικόνα 44

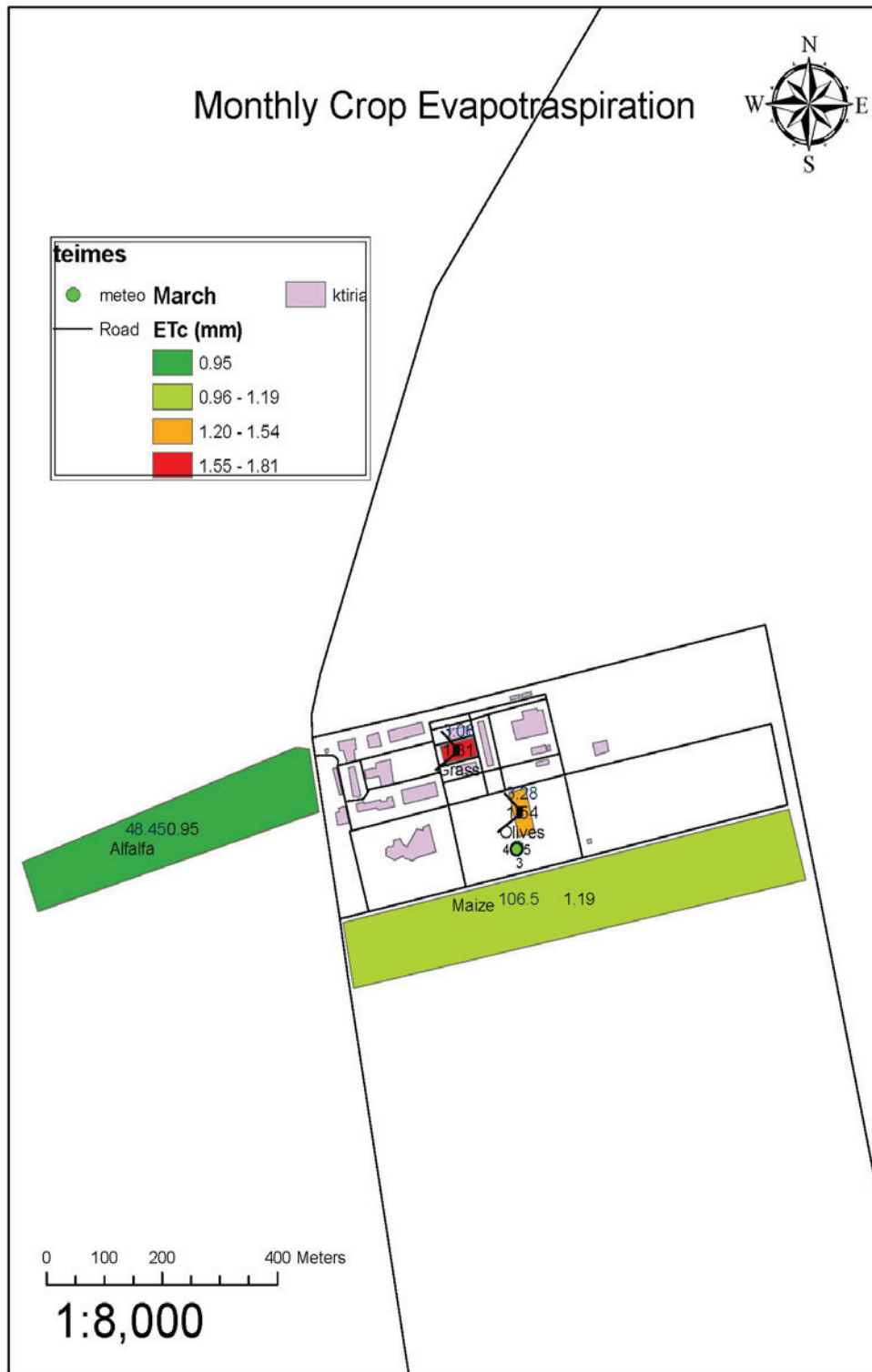
Υπολογισμός Καθαρή ικανότητα εκπομπής με χρήση του πεδίου e



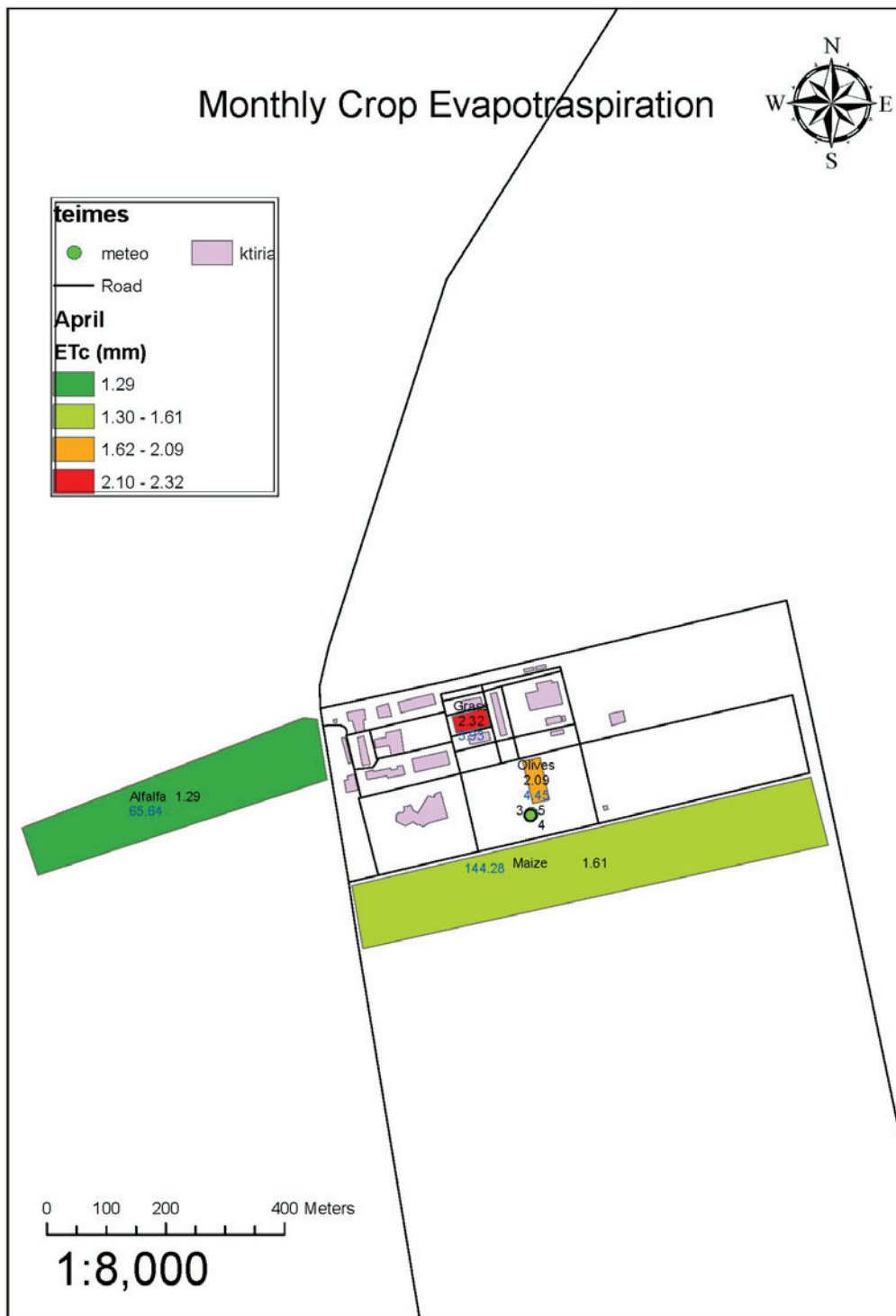
Εικόνα 45

Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής αναφοράς με χρήση των πεδίων $tempA$, Rn , $lamda$, $tempB$, F_{rc} , D

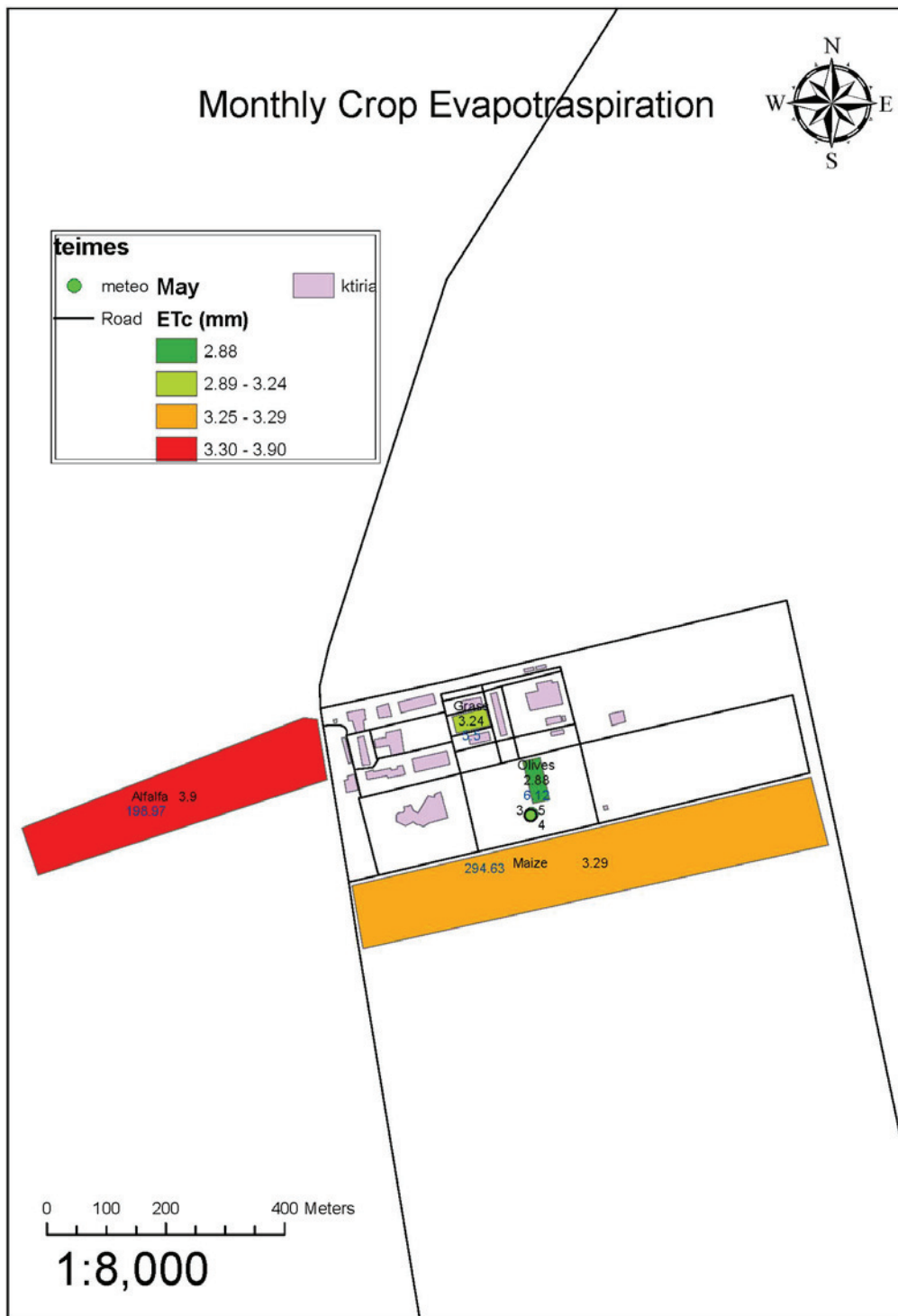
4 Αποτελέσματα



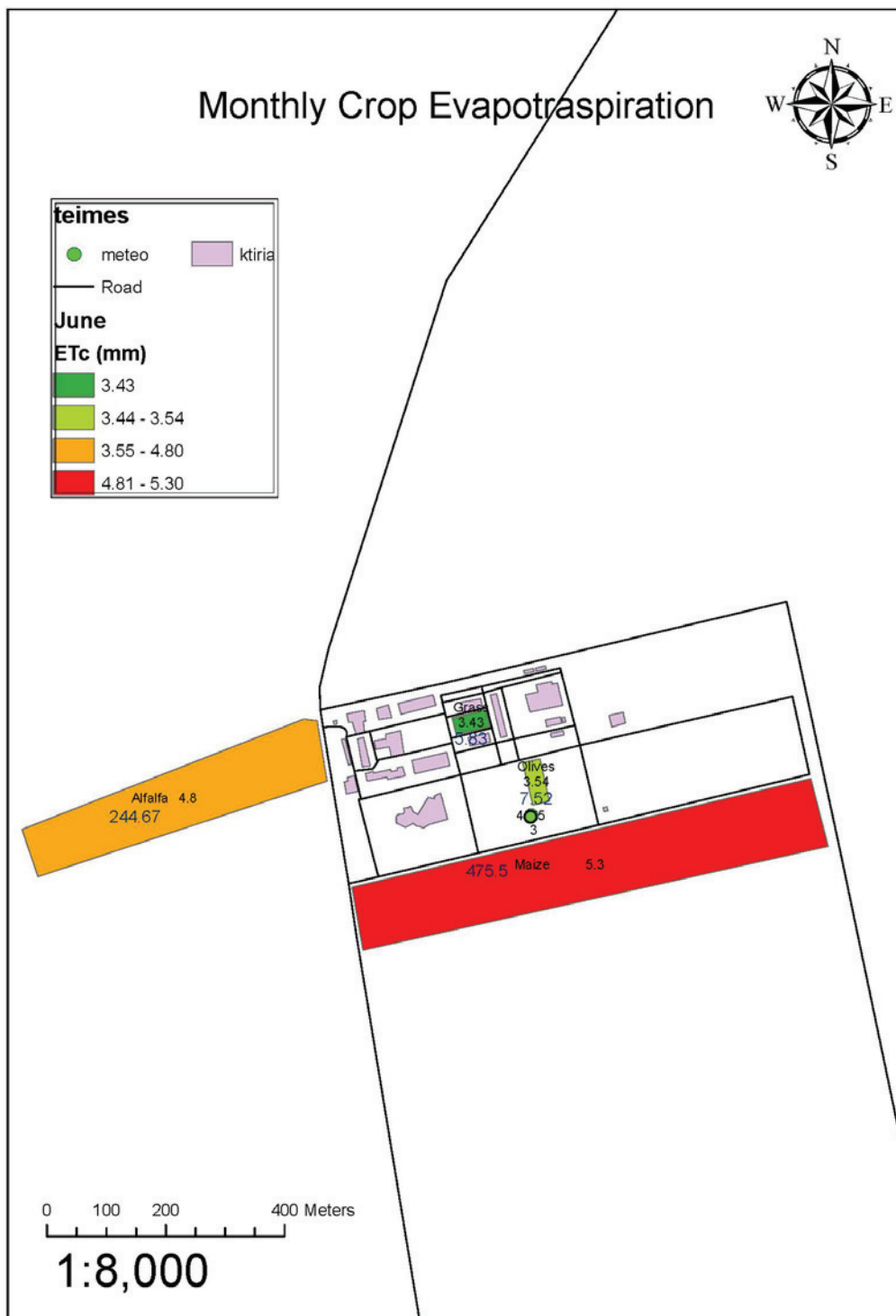
Εικόνα 48 layout Etc για τον μήνα Μάρτιο



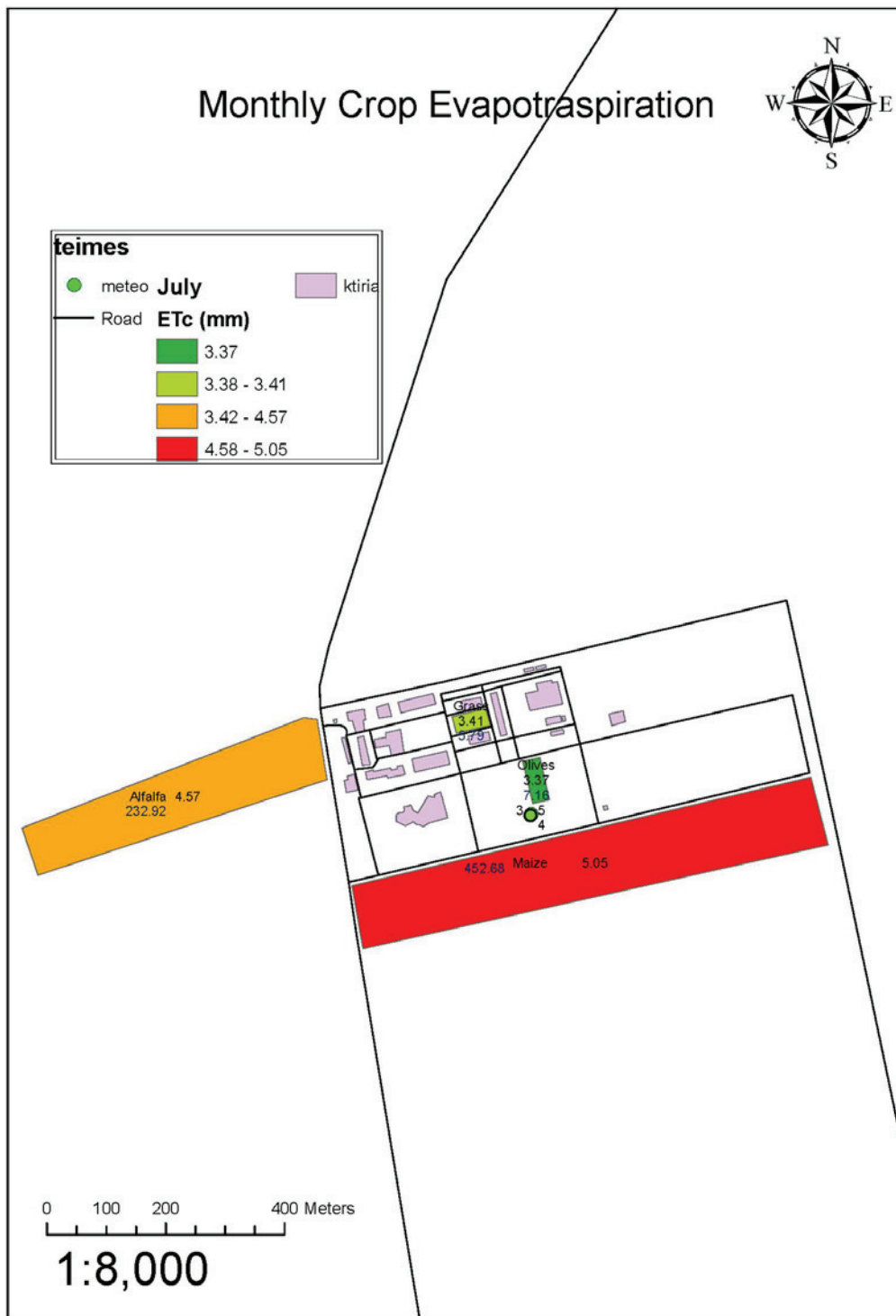
Εικόνα 49 layout Etc για τον μήνα Απρίλιο



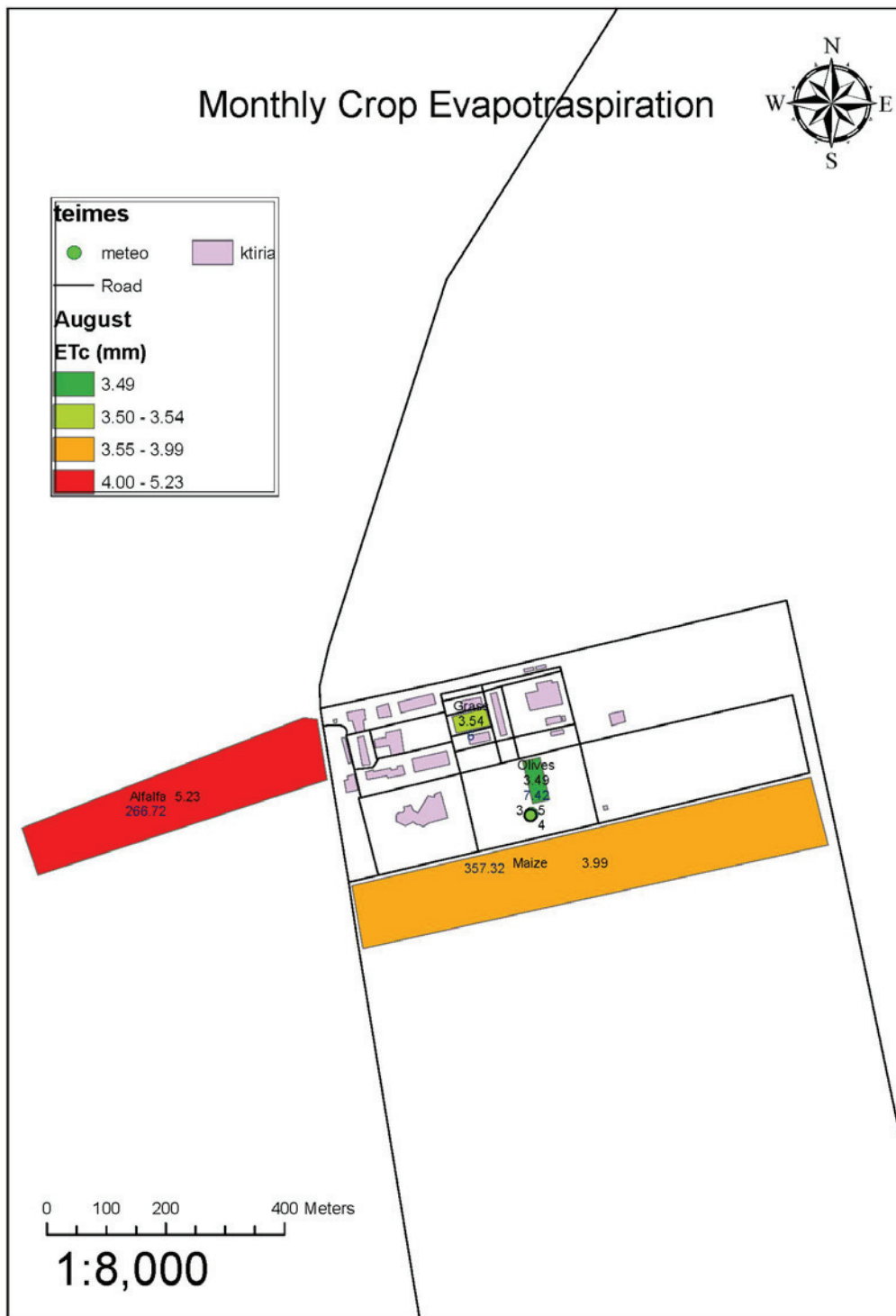
Εικόνα 50 layout Etc για τον μήνα Ιούνιο



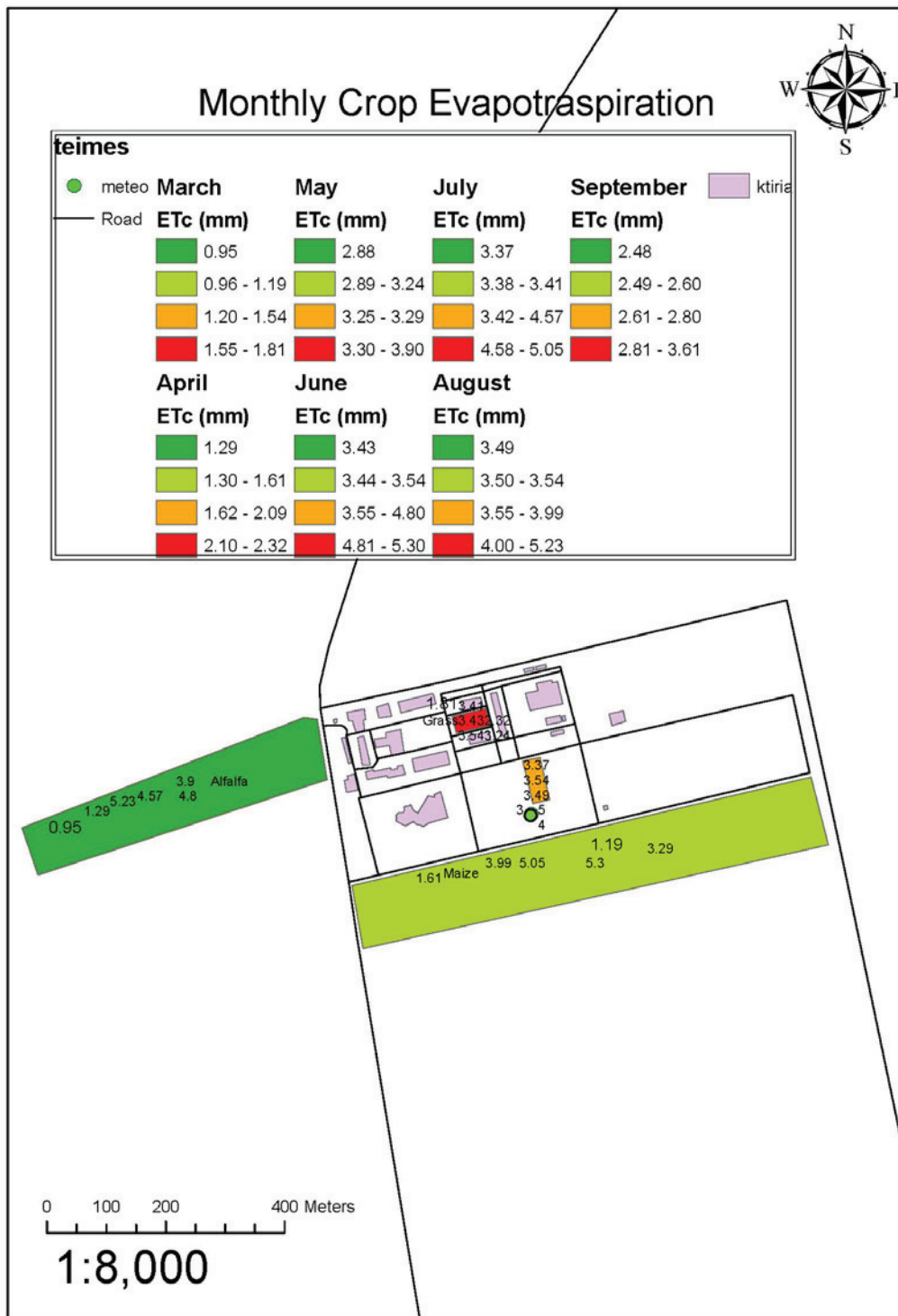
Εικόνα 51 layout Etc για τον μήνα Ιούλιο



Εικόνα 52 layout Etc για τον μήνα Αύγουστο



Εικόνα 53 layout Etc για τον μήνα Σεπτέμβριο



Εικόνα 54 layout με την Etc όλων των μηνών

Πίνακας 2 Αποτελέσματα αναγκών άρδευσης των οκτώ μηνών για τις τέσσερις καλλιέργειες

March				
crop	Grass	Maize	Alfalfa	Olives
k_c	0.62	0.65	0.90	0.70
Area	1696.51	89665.42	50993.26	2127.07
ETc	1.81	1.19	0.95	1.54
ETo	2.38	2.38	2.38	2.38
water	3.06	106.50	48.45	3.28
april				
k_c	0.72	0.50	0.40	0.65
Area	1696.51	89665.42	50993.26	2127.07
ETc	2.32	1.61	1.29	2.09
ETo	3.22	3.22	3.22	3.22
water	3.93	144.28	65.64	4.45
may				
k_c	0.79	0.80	0.95	0.70
Area	1696.51	89665.42	50993.26	2127.07
ETc	3.24	3.29	3.90	2.88
ETo	4.11	4.11	4.11	4.11
water	5.50	294.63	198.97	6.12
June				
k_c	0.68	1.05	0.95	0.70
Area	1696.51	89665.42	50993.26	2127.07
ETc	3.43	5.30	4.80	3.54
ETo	5.05	5.05	5.05	5.05
water	5.83	475.50	244.67	7.52
july				
k_c	0.71	1.05	0.95	0.70
Area	1696.51	89665.42	50993.26	2127.07
ETc	3.41	5.05	4.57	3.37
ETo	4.81	4.81	4.81	4.81
water	5.79	452.68	232.92	7.16
august				
k_c	0.71	0.80	1.05	0.70
Area	1696.51	89665.42	50993.26	2127.07
ETc	3.54	3.99	5.23	3.49
ETo	4.98	4.98	4.98	4.98
water	6.00	357.32	266.72	7.42
September				
k_c	0.62	0.65	0.90	0.70
Area	1696.51	89665.42	50993.26	2127.07
ETc	2.48	2.60	3.61	2.80
ETo	4.01	4.01	4.01	4.01
water	4.21	233.49	183.86	5.96

5 Συμπεράσματα

Η εξατμισοδιαπνοή αποτελεί μια από τις κύριες συνιστώσες του υδρολογικού κύκλου και συνεπώς είναι αναγκαία η όσο το δυνατόν ακριβέστερη εκτίμησή της. Ο σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η διερεύνηση της συμβολής των γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων στην εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής στις καλλιέργειες δεδομένης της σημασίας που έχει η εκτίμηση της παραμέτρου στην ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων, αλλά και της δυσκολίας υπολογισμού της με συμβατική μέθοδο.

Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο περιβάλλον ESRI ArcMap, μέσω του Modelbuilder και της γλώσσας Python έχει το πλεονέκτημα ότι είναι ανεξάρτητη από τον τύπο των γεωχωρικών δεδομένων και μπορεί να εφαρμοστεί σε σημειακά, γραμμικά αλλά και πολυγωνικά γεωχωρικά δεδομένα, με αποτέλεσμα την ευελιξία και την οικονομία χρόνου χωρίς απώλεια ακρίβειας.

Βιβλιογραφία

Python πηγές :

<http://pythonology.org/success&story=esr>
<http://www.swaroopch.com/contact/>
<http://www.swaroopch.com/buybook>
<http://www.swaroopch.com/mediawiki/index.php?oldid=3019>
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/>
<http://www.opensource.org/licenses/bsd-licens>
<http://www.swaroopch.com/buybookPython>
<http://www.swaroopch.com/mediawiki/index.php?oldid=3236>
<http://www.swaroopch.com/mediawiki/index.php?oldid=3233>
<http://www.swaroopch.com/mediawiki/index.php?oldid=3019>
<http://www.swaroopch.com/mediawiki/index.php?oldid=2993>
<http://www.swaroopch.com/mediawiki/index.php?oldid=3239>
<http://www.swaroopch.com/mediawiki/index.php?oldid=2659>
<http://www.swaroopch.com/mediawiki/index.php?oldid=3214>
<http://www.swaroopch.com/mediawiki/index.php?oldid=3074>
<http://www.swaroopch.com/mediawiki/index.php?oldid=2681>
<http://www.swaroopch.com/mediawiki/index.php?oldid=2682>
<http://www.swaroopch.com/mediawiki/index.php?oldid=3006>
<http://www.swaroopch.com/mediawiki/index.php?oldid=2699>
<http://www.swaroopch.com/mediawiki/index.php?oldid=3129>
<http://www.swaroopch.com/mediawiki/index.php?oldid=3252>
<http://www.swaroopch.com/mediawiki/index.php?oldid=2923> Contributors:
<http://www.swaroopch.com/mediawiki/index.php?oldid=3182>
<http://www.swaroopch.com/mediawiki/index.php?oldid=2848>
<http://www.swaroopch.com/mediawiki/index.php?oldid=3253> Contributors: Fstefanidis,

Αρθρογράφοι: Ubuntu-gr.org

GIS :

Graham, Lea (1998). “*USA versus Microsoft: the fourth week*”. BBC News,
Peter Clarke, “*Xilinx launches Spartan-6, Virtex-6 FPGAs.*”, EE Times, February 2, 2009
David A. Patterson, “Reduced Instruction Set Computers”, Commun. ACM (Jan. 1985)

David A. Patterson, Carlo H. Sequin(1998), “RISC I: A Reduced Instruction Set VLSI Computer”, 25 years of the international symposia on Computer architecture

Jeff Prossise(2004), “RISC vs. CISC: The Real Story What makes the PowerPC a RISC processor and the Pentium a CISC?“,

<http://el.wikipedia.org/wiki/Wiki>
<http://www.esri.com/>

<http://www.gis.com/>

Bohnam Carter Graeme, (1994) “Geographical information Systems for Geoscientists modeling with GIS.

Peter A Burroughs & Rachael McDonnell, (“Principles of Geographical Information Systems”. 1998

Farrokh Nadim et al, (2006) “Global landslide and avalanche hotspots”, Landslides, Issue 3. M.Pavel et al., (2007) “Geomorphology”.

C.Melchiorre et al., (2008) “Geomorphology 379-400”. Issue 94. S.Lee et al., (2004) “Engineering Geology 289-302”, Issue 71.

E.Yesilnacar & T.Topal, (2005) “Engineering Geology 251-266”, Issue 79.

Tang Guoan et al., (2005) “Review of Digital Elevation Model (DEM) based research on China

Loess Plateau”, Journal of mountain science, Volume 2, Number 3.

Aleoti, P., Baldelli, P., & De Marchi, D., (1996b) “Le rati neurali nella valutazione dell suscettibilita da frana”, Geologica Tecnica & Ambientale 4

Popescu, M., (1996) “From Landslide causes to Landslide Remediation”, 7th Int.Symp. on

Landslides Trondheim, Norway Special Lecture, Balkema, Rotterdam.

Varnes, D.J., (1958)” Landslide types and processes”, In: E.B. Ekel (ed) “Landslides and engineering practice”, Highway

Κατσουγιαννόπουλος Σ.(2008). Αναγωγή στοιχείων σε χαρτογραφικό υπόβαθρο, Σημειώσεις μαθήματος ..., ΤΕΙ Σερρών.

Varnes, D.J., (1978), “Slope movement Types and Processes”, In *Special Report 176: Landslides: Analysis and Control (R.L. Schuster and R. Krietzek)*, TRB, National Research Council, Wassington D.C.

Granger R.J., Gray D.M., 1989. Evaporation from natural nonsaturated surfaces. Journal of Hydrology Vol. 111:21-29.

Granger R.J., Gray D.M., 1990. A net radiation model for calculating daily snowmelt in open environments. Nordic Hydrol. Vol. 21:217-234.

Granger R.J., 1991. Evaporation from natural nonsaturated surfaces. PhD thesis, University of Saskatchewan, pp.141.

Granger R.J., 2000. Satellite-derived estimates of evapotranspiration in the Gediz Basin. Journal of Hydrology Vol. 229: 70-76.

Gurney R.J. and Hall D.K., 1983. Satellite-derived surface energy balance estimates in the Alaskan Sub-Arctic. Journal of Climate and Applied Meteorology Vol. 22:115.

Gurney R.J. and Camillo P.J., 1984. Modelling daily evapotranspiration using remotely sensed data. Journal of Hydrology Vol. 69:305.

Jackson R.D., Reginato R.J. and Idso S.B., 1977. Wheat canopy temperature: a practical tool for evaluating water requirements. Water Resour. Res. Vol. 13 : 651.

Kustas W.P., 1995. Recent advances associated with large scale field experiments in hydrology. Rev. of Geophys. Suppl., p.959-965.

Kustas W.P. and Norman J.M., 1996. Use of remote sensing for evapotranspiration monitoring over land surfaces. Hydrological Sciences Journal Vol. 41, No. 4:495-516.

Lagouarde J.P. and Brunet Y., 1989. Spatial integration of surface latent heat flux and evaporation mapping. Adv. Space Res. Vol. 7:259-264.

MacFarland M.J., Miller R.I. and Neale C.M.U., 1990. Land surface temperature derived from SSM/I passive microwave brightness temperatures. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. Vol. 28: 839-845.

- Menenti M., 1979. Defining relationships between surface characteristics and actual evaporation rate. Note 1148, Institute for Land and Water Management Research, Wageningen, The Netherlands.
- Moran M.S., Jackson R.D., Raymond L.H., Gay L.W. and Slater P.N., 1989. Mapping surface energy balance components by combining Landsat Thematic Mapper and ground-based meteorological data. *Remote Sensing of Environment* Vol. 30:77-87.
- Morton F.I., 1983. Operational estimates of areal evapotranspiration and their significance to the science and practice of hydrology. *Journal of Hydrology* Vol. 66:1-76.
- Nieuwenhuis G.J.A., Smidt E.H. and Thunissen H.A.M., 1985. Estimation of regional evapotranspiration of arable crops from thermal infrared images. *International Journal of Remote Sensing* Vol. 6:1319-1334.
- NOA, 1997. Surface Fluxes in climate System (S.F.IN.C.S.). First Annual Report.
- Penman H.L., 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. R. Soc. London, Ser. A.* 193, pp.120-145.
- Price J.C., 1980. The potential of remotely sensed thermal infrared data to infer surface soil moisture and evaporation. *Water Resour. Res.* Vol. 16 :787.
- Varnes, D.J., (1984) "Landslide Hazard Zonation: a renew of principles and practice",
Commission on Landslides of the IAEG, UNESCO, Natural Hazards No 3
- Keller E., (1988) "Environmental Geology 5th edition Merrill Publishing Company Ohio Cotecchia" V. 1978, Systematic reconnaissance mapping and registration of slope movements *Int.Ass. Eng.Geol.Bull*
EM-DAT The International Disaster Database <http://www.emdat.be/>
- Bartholic J.F., Namken L.N. and Wiegand C.L., 1972. Aerial thermal scanner to determine temperatures of soils and crop canopies differing in water stress. *Agronomy Journal* Vol. 64:603-608.
- Becker F., Bolle H.J. and Rowntree P.R., 1987. The International Satellite Land-Surface Climatology Project, ISLCP Report No. 10: 99.
- Bouchet R.J., 1963. Evapotranspiration réelle et potentielle, signification climatique. *Int. Assoc. Sci. Hydrol. Proc. Berkeley, CA Symp. Publ.* 62: 134-142.
- Camillo P.J., Gurney R.J. and Schmugge T.J., 1983. A soil and atmospheric boundary layer model for evapotranspiration and soil moisture studies. *Water Resour. Res.* Vol. 19:371.
- Carlson T.N. and Boland E., 1978. Analysis of urban-rural canopy using a surface heat flux / temperature model. *Journal of Applied Meteorology* Vol.17:998-1013.
- Carlson T.N., Dodd J.K., Benjamin S.G. and Cooper J.N., 1981. Satellite estimation of the surface energy balance, moisture availability and thermal inertia. *Journal of Applied Meteorology* Vol. 20:67.
- Carlson T. N., 1986. Regional scale estimates of surface moisture availability and thermal inertia using remote thermal measurements. *Remote Sensing of Environment* Vol. 1:197-247.
- Carlson T.N. and Buffum M.J., 1989. On estimating total daily evapotranspiration from remote sensing surface temperature measurements. *Remote Sensing of Environment* Vol. 29, No. 2: 197-207.
- Caselles V. and Delegido J., 1987. Simple model to estimate the daily value of the regional maximum evapotranspiration from satellite temperature and albedo images. *International Journal of Remote Sensing* Vol. 8, No. 8: 1151-1162.
- Caselles V., Sobrino J.A. and Coll C., 1992. On the use of satellite thermal data for determining evapotranspiration in partially vegetated areas. *International Journal of Remote Sensing* Vol. 13, No. 14:2669-2682.
- Choudhury B.J., 1991. Multispectral satellite data in the context of land surface heat balance. *Rev. Geophys.* Vol. 29:217-236.

Doorenbos J. and Pruitt W.O., 1975. Guidelines for predicting crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 24, Rome, 179 p.

Engman E.T., 1991. Applications of microwave remote sensing of soil moisture for water resources and agriculture. *Remote Sensing of Environment* Vol.35: 213-226.

FAO, 1998. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Papers 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Flores A.L. and Carlson T.N., 1987. Estimation of surface moisture availability from remote temperature measurements, *J. Geophys. Res.* Vol. 92 :9581-9585.

Price J.C., 1982a. On the use of satellite data to infer surface fluxes at meteorological scales. *Journal of Applied Meteorology* Vol. 21:1111.

Price J.C., 1982b. Estimation of regional scale evapotranspiration through analysis of satellite thermal-infrared data. *I.E.E.E. Trans Geosci. remote Sensing* Vol. 20:286.

Rambal S., Lacaze B., Mazurek K. and Debussche G., 1985. Comparison of hydrologically simulated and remotely-sensed actual evapotranspiration from some Mediterranean vegetation formations. *International Journal of Remote Sensing* Vol. 6:1475-1481.

Reginato R.J., Jackson R.D. and Pinter, P.J., 1985. Evapotranspiration calculated from remote multispectral and ground station meteorological data. *Remote Sensing of Environment* Vol. 18: 75.

Riou C., Itier B. and Seguin B., 1988. The influence of surface roughness on the simplified relationship between daily evaporation and surface temperature. *International Journal of Remote Sensing* Vol. 9:1529-1533.

Rosema A., Bijlevel J.H., Reiniger P., Tassone G., Gurney R.J. and Blyth K., 1978. Tellus, a combined surface temperature, soil moisture and evaporation mapping approach. *Proceedings of the 12th International Symposium on the Remote Sensing of Environment, Manila, Philippines*, p.2267.

Sandholt I. and Andersen, H.S., 1993. Derivation of actual evapotranspiration in the Senegalese Sahel, using NOAA-AVHRR data during the 1987 growing season. *Remote Sensing of Environment* Vol. 46, No. 2:164-172.

Seguin B., Baelz S. Monget J.M. and Petit V., 1982. Utilisation se la thermographie IR pour l'estimation de l' evaporation regionale. I - Mise au point methodologique sur le site de la Crau. *Agronomie* Vol. 2 :7-16. And II - Resultats obtenus a partir de donnees de satellite. *Agronomie* Vol. 2 :113-118.

Seguin B. and Itier B., 1983. Using midday surface temperature to estimate daily evaporation from satellite thermal IR data. *International Journal of Remote Sensing* Vol. 4:371.

Seguin B., 1984. Estimation de l' evapotranspiration a partir de l' infra-rouge thermique. In *Proceedings of the 2nd International Colloquium on Spectral Signatures of Objects in Remote Sensing held in Bordeaux, France, on 12-16 September 1983, Lesa Colloques du INRA, No. 23 (Versailles: Institut National de la Recherche Agronomique)*, p.427-446.

Seguin B., Assas E., Freteaud P., Imbernon J., Kerr Y. and Lagouarde J. P., 1987. Suivi du bilan hydrique a l'aide de la teledetection par satellite. Application au Senegal, Report to the EEC-DG8, Brussels, p.200.

Sellers P.J., Meeson B.W., Hall F.G., Asrar G., Murphy R.E., Schiffer R.A., Bretherton F.P., Dickinson R.E., Ellingson R.G., Field C.B., Huemmrich K.F., Justice C.O., Melack J.M., Roulet N.T., Schimel D.S. and Try P.D., 1995. Remote Sensing of the land surface for studies of global change: Models - algorithms - experiments. *Remote Sensing of Environment* Vol. 51:1-17.

Soer G.J.R., 1980. Estimation of regional evapotranspiration and soil moisture conditions using remotely sensed crop surface temperatures. *Remote Sensing of Environment* Vol. 9:27.

Penman

Allen. RG, L.S. Pereira, D. Raes and S .Martin (1998) “Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements” - FAO Irrigation and drainage paper 56, Rome.

- autista. F. et al. (2009) “Calibration of the equations of Hargreaves and Thornthwaite to estimate the potential transpiration in semi- arid and subhumid tropical climates for regional applications” *Atmósfera*, Vol. 22(4), pp.331-348.
- Blaney, H. F., and W. D. Criddle, (1950). “Determining water requirements in irrigated area from climatological irrigation data”. Soil Conservation Service Technical Paper no. 96., US Department of Agriculture, Washington DC, USA.
- Chuanyan. Z, LI Shoubo and Cheng Guodong, (2005) “Modelling the Spatial Distribution of Daily Evapotranspiration Based on GIS in the Middle Heihe River Basin, China”, *IEEE*, 0-7803-9050-4/05, pp.1628-1631.
- Hargreaves, G. L., G. H. Hargreaves, and J. P. Riley, (1985). “Agricultural benefits for Senegal River basin.” *J. Irrig. Drain. Eng.*, 111(2), pp.113–124.
- Jothiprakash. V, M. G. Devamane. and K.Sasireka, (2007) “Inter-comparison of Temperature based Reference Crop Evapotranspiration Methods”, *IE(I) Journal – AG*, 88, pp. 19 – 26.
- Jothiprakash. V, M. G. Devamane. and K.Sasireka, (2008) “Inter-comparison of Radiation based Reference Crop Evapotranspiration Methods”, *IE(I) Journal – AG*, 89, pp. 22 – 27.
- Kra E.Y., (2010) "An Empirical Simplification of the Temperature Penman-Monteith Model for the Tropics", *Journal of Agricultural Science* 2(1), pp.162- 171.
- Mallikarjuna. P, and S. Aruna Jyothy, (2008) “Evapotranspiration Studies for Irrigation Projects — a Case Study”, *IE(I) Journal – AG*, 89, pp. 5 – 13.
- Monteith, J. L. (1965) “Evaporation and environment in the state and movement of water in living organisms”. In: *Proc. Society of Experimental Biology*, Symposium no. 19, Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp.205–234.
- Naom. S and I.K. Tsanis (2003) “Hydro informatics in Evapotranspiration Estimation”, *Environmental Modelling & Software*, 18, pp 261 – 271.
- Papageorgiou. A, P. Latinopoulos and Z. Mallios (2005) “A Visual Basic Toolbar for Evapotranspiration estimation in a GIS Application”, *Proceedings of the 9th International Conference on Environmental Science & Technology*, Rhodes Island, Greece, 1 –3 Sept. 2005. pp . A1175 – A1180.
- Penman, H. L. (1948) “Natural evaporation from open water, bare soil and grass”. *Proc. Roy. Soc. London*, 193, 120–146.
- Priestley, C. H. B. & Taylor, R. J. (1972) “On the assessment of surface heat flux and evaporation using large scale parameters”. *Mon. Weather Rev.* 100, 81–92.
- Rai. G.D., “*Solar Energy Utilisation*”, Khanna Publishers, (1980), pp. 44.
- Raman, H and Sunilkumar. N. (1995). “Multivariate modeling of water resources time series using artificial neural networks”. *Hydrol. Sci.J.*, 40(2), pp. 145 - 163.
- Report of National Water Development Agency (NWDA), (1994), Technical Study No. 102.
- Stephens, J. C. & Stewart, E. H. (1963) “A comparison of procedures for computing evaporation and evapotranspiration”. In: *Publication 62, International Association of Scientific Hydrology.*, International Union of Geodesy and Geophysics, Berkeley, California, USA. pp. 123–133
- Waikar. M. L. and S. A. Dhoot. (2005) “Evapotranspiration Studies for Vishnupuri Irrigation Project”. *The ISH Journal of Hydraulic Engineering*, 11(2), pp. 132-145.
- Xu. C. Y. and V. P. Singh, (2002) “Cross Comparison of Empirical Equations for Calculating Potential Evapotranspiration with Data from Switzerland”. *Water Resources Management*, 16, pp. 197–219.
- Yunhe Yin , Shaohong Wu, Du Zheng and Qinye Yang (2008) “Radiation calibration of FAO56 Penman–Monteith model to estimate reference crop evapotranspiration in China” *Agricultural Water Management* 95, pp. 77 – 84.

I. Παραρτήματα

πηγαίος κώδικας(source code)

```

#code for calculating Evapotranspiration with Penman-Montheith method
c_p = 1.013
#constant
epsilon = 0.622
#constant
I_s = 4921
#Solar constant, kJ/m^2/h
a_s = 0.355
b_s = 0.68
#
Albedo = 0.25
#Albedo constant
a_e = 0.56
b_e = 0.08
#
a_l = 0.2
#
sigma = 0.000049
#Stefan-Boltzmann constant, kJ/(m^2 K^4 d)
coef = 0.33
#
c2 = 90
c3 = 273
#
deff (T, alt, m, RH, phi, cl, Wind_speed):
#Specific heat (kJ/kg) for a given temperature (oC)
    templamda = 2501 - 2.361 * T
#Standard pressure (hPa) for a given elevation (m)
    temppressure = 1013 * (1 - 0.00002256 ** alt)** 5.256
#Air density (kg/m^3) at a given air pressure (hPa) and temperature
(oC)
    tempdensity = 0.3486 * temppressure / (273 + T)
#Psychrometric constant (hPa/oC) for a given pressure (hPa) and
Specific heat (kJ/kg)
    tempgamma = (c_p * epsilon) * temppressure / templamda
#Saturation vapor pressure (hPa) for a given temperature (oC)
    tempe_s = 6.11 * math.exp(17.27 * T / (237.3 + T))
#Slope of the saturation vapor pressure curve (hPa/oC) for a given
temperature (oC)
    tempdelta = 4098 * tempe_s / (237.3 + T) * 2
#Astronomical quantities
    if m == 1:
        j = 17
    elif m == 2:
        j = 46
    elif m == 3:
        j = 75
    elif m == 4:
        j = 105
    elif m == 5:
        j = 135
    elif m == 6:
        j = 162
    elif m == 7:
        j = 198
    elif m == 8:
        j = 228

```



```

elif m==9:
    j = 258
elif m==10:
    j = 289
elif m==11:
    j = 319
elif m==12:
    j = 345

#vapor pressure (hPa)
tempe = tempe_s * RH
#Solar declination (rad) for a given day
tempdeclination = -0.4093* math.cos(2* math.pi * j / 365+0.16 )
#Eccentricity for a given day
tempeccentricity = 1+0.034* math.cos(2*math.pi* j / 365-0.05 )
#Sunset angle (rad) for a given day and lattitude
tempphi_rad = phi *math.pi/180
tempphi =- math.tan(tempphi_rad)* math.tan(tempdeclination)
#For lattitude > 66.5 (or < - 66.5)
tempo_s=tempphi
if math.fabs(tempo_s) > 1.161:
    o_s=0
else:
    o_s = float(math.acos(tempo_s))
#Extraterrestrial shortwave radiation (kJ/m^2/d) for a given day and
lattitude
S0temp= (24/math.pi) * I_s * tempeccentricity
tempS_0=S0temp*(o_s * math.sin(tempphi_rad) *
math.sin(tempdeclination)+ math.cos(tempphi_rad) *
math.cos(tempdeclination) *math.sin(o_s))
tempf_s = a_s+b_s*(1-cl)
#Shortwave radiation (kJ/m^2/d) for given albedo, fraction of
sunshine duration
tempS_n = (1-Albedo)*tempf_s*tempS_0
#Lo
tempe_n= a_e-b_e*math.sqrt(tempe)
tempf_l=a_l+(1 - a_l)*(1-cl)
#Longwave radiation (kJ/m^2/d) for given temperature (oC), fraction
of sunshine duration
tempL_n=tempe_n*tempf_l*sigma*(T+273)**4
#Mass transfer term for various cases of evaporation calculations
tempgamma_rc=(1+coef*Wind_speed)*tempgamma
#Mass transfer term (kg/(hPa m^2 d)) of reference crop for given wind
speed (m/s)
tempF_rc=(c2/(T+c3))*Wind_speed
#Penman-Montieth method
#A=Δ/(Δ+γ')
tempA=tempdelta/(tempdelta+tempgamma_rc)
#B= γ/(Δ+γ')
tempB=tempgamma/(tempdelta+tempgamma_rc)
tempD=tempe_s-tempe
tempRn=tempS_n-tempL_n
temp_Epm=tempA*tempRn/templamda+tempB*tempF_rc*tempD
A=temp_Epm
return

```

```
__esri_field_calculator_splitter__  
A( !Temper!, !altimeter!, !Id!, !RH!, !phi!, !Cloudness!,  
!Wind_speed! )
```


Τελεστές και εκφράσεις Python

Τελεστής	Όνομα	Εξήγηση	Παραδείγματα
+	Συν	Προσθέτει δύο αντικείμενα.	Το $3 + 5$ δίνει 8. Το 'a' + 'b' δίνει 'ab'.
-	Μείον	Είτε δίνει έναν αρνητικό αριθμό, ή αφαιρεί έναν αριθμό από έναν άλλο.	Το -5.2 δίνει έναν αρνητικό αριθμό. Το $50 - 24$ δίνει 26.
*	Επί	Δίνει το γινόμενο δύο αριθμών ή μιά συμβολοσειρά (string) επαναλαμβανόμενη τόσες φορές.	Το $2 * 3$ δίνει 6. Το 'la' * 3 δίνει 'lalala'.
**	Δύναμη	Επιστρέφει το x υψωμένο στη δύναμη y.	Το $3 ** 4$ δίνει 81 (δηλαδή $3 * 3 * 3 * 3$).
/	Διά	Διαιρεί το x με το y.	Το $4 / 3$ δίνει 1.3333333333333333.
//	Διαίρεση στρογγυλοποιη μένη προς τα κάτω (Floor Division)	Επιστρέφει τον κοντινότερο (προς τα κάτω) ακέραιο στο πηλίκο.	Το $4 // 3$ δίνει 1.
%	Υπόλοιπο	Επιστρέφει το υπόλοιπο της διαίρεσης.	Το $8 \% 3$ δίνει 2. Το $-25.5 \% 2.25$ δίνει 1.5.
<<	Αριστερή μετάθεση	Μεταθέτει τα δυαδικά ψηφία (bits) του αριθμού προς τα αριστερά κατά το πλήθος των θέσεων που καθορίστηκε. (Κάθε αριθμός αναπαρίσταται στη μνήμη με δυαδικά ψηφία (bits, binary digits) -δηλαδή με 0 και 1).	Το $2 << 2$ δίνει 8. Το 2 αναπαριστάται ως σε bits ως 10. Η μετάθεση προς τα αριστερά κατά 2 bits μας δίνει 1000 που παριστάνει το δεκαδικό 8.

>>	Δεξιά μετάθεση	Μεταθέτει τα bits του αριθμού προς τα δεξιά κατά το πλήθος των θέσεων που καθορίστηκε.	Το 11 >> 1 δίνει 5. Το 11 αναπαριστάται σε bits ως 1011 που όταν μετατεθούν δεξιά κατά 1 bit μας δίνει 101 το οποίο είναι το δεκαδικό 5.
&	Δυαδικό ΚΑΙ	Δυαδικό ΚΑΙ των αριθμών.	Το 5 & 3 δίνει 1.
	Δυαδικό Ή	Δυαδικό Ή των αριθμών.	Το 5 3 δίνει 7.
^	Δυαδικό αποκλειστικό Ή	Δυαδικό αποκλειστικό Ή των αριθμών.	Το 5 ^ 3 δίνει 6.
~	Δυαδική αντιστροφή	Το δυαδικό αντίστροφο του x είναι -(x+1).	Το ~5 δίνει -6.
<	Μικρότερο από	Επιστρέφει το αν το x είναι μικρότερο από το y. Όλοι οι τελεστές σύγκρισης επιστρέφουν True (Αληθής) ή False (Ψευδής). Σημειώστε ότι τα ονόματα αυτά ξεκινούν με κεφαλαίο.	Το 5 < 3 δίνει False και το 3 < 5 δίνει True. Οι συγκρίσεις μπορούν να συνδυαστούν αλυσιδωτά κατά βούληση: Το 3 < 5 < 7 δίνει True.
>	Μεγαλύτερο από	Επιστρέφει το αν το x είναι μεγαλύτερο από το y.	Το 5 > 3 επιστρέφει True. Αν και οι δύο τελεστές είναι αριθμοί, πρώτα μετατρέπονται σε έναν κοινό τύπο. Αλλιώς, επιστρέφει πάντα False.
<=	Μικρότερο ή ίσο	Επιστρέφει το αν το x είναι μικρότερο από ή ίσο με το y.	Το x = 3; y = 6; x <= y επιστρέφει True.
>=	Μεγαλύτερο ή ίσο	Επιστρέφει το αν το x είναι μεγαλύτερο από ή ίσο με το y.	Το x = 4; y = 3; x >= 3 επιστρέφει True.
==	Ίσο	Συγκρίνει αν τα αντικείμενα είναι ίσα.	Το x = 2; y = 2; x == y επιστρέφει True. Το x = 'str'; y = 'stR'; x == y επιστρέφει False. Το x = 'str'; y = 'str'; x == y επιστρέφει True.
!=	Διαφορετικό	Συγκρίνει αν τα αντικείμενα ΔΕΝ είναι ίσα.	Το x = 2; y = 3; x != y επιστρέφει True.
not	Λογικό ΌΧΙ	Αν το x είναι True, επιστρέφει False. Αν το x είναι False, επιστρέφει True.	x = True; not x επιστρέφει False.

and	Λογικό ΚΑΙ	Το x and y επιστρέφει False αν το x είναι False, αλλιώς επιστρέφει υπολογίζει και επιστρέφει την τιμή του y.	x = False; y = True; x and y επιστρέφει False αφού το x είναι False.
or	Λογικό Ή	Αν το x είναι True, επιστρέφει True, αλλιώς υπολογίζει y	To x = True; y = False; x or y επιστρέφει True.