



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»**

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΠΛΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ
ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ
ΜΕ ΧΡΗΣΗ Σ.Γ.Π.
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ
ΤΩΝ ΚΡΕΜΑΣΤΩΝ**

Κατερίνα Μαντούδη

**«ΕΠΙΣΤΗΜΗ
&
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ»**

Αθήνα, Φεβρουάριος 2000

Επιβλέπων: Δ. Κουτσογιάννης, Επ. Καθηγητής

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Μετά την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που βοήθησαν στη διάρκεια της εκπόνησής της.

Πρώτα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της εργασίας **κ. Δημήτρη Κουτσογιάννη, Επ. Καθηγητή ΕΜΠ**, για την ανάθεση ενός τόσο ενδιαφέροντος θέματος, για την επιστημονική υποστήριξη και καθοδήγηση της εργασίας και για τις παρατηρήσεις και απαραίτητες διορθώσεις για την ολοκλήρωσή της.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον **Δρ. Νικόλαο Μαμάση** για τη συνεχή υποστήριξη σε πολλά επιστημονικά και τεχνικά ζητήματα και κυρίως για την ικανότητά του να μου δίνει λύσεις και να με ενθαρρύνει σε πολλά σημεία στα οποία υπήρχαν δυσκολίες για τη συνέχιση της εργασίας.

Σημαντική ήταν η βοήθεια που μου προσέφερε η **Δάμαρις Χαβάτζα** από την εταιρία Marathon Data Systems σε θέματα κατανόησης της γλώσσας προγραμματισμού AVENUE.

Επίσης ευχαριστώ τον **κ. Αντώνη Κουκουβίνο** για τη βοήθειά του σε τεχνικά θέματα πάνω στο Σ.Γ.Π. ARCVIEW.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω τις συναδέλφους μου **κ. Νίκη Ερμίδου** και **κ. Μάνια Κανιάρη** για τις παρατηρήσεις και τη βοήθεια τους σε σχεδιαστικά θέματα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και δικούς μου ανθρώπους για τη συμπαράστασή τους και την υπομονή τους τόσο κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας όσο και κατά την προηγούμενη περίοδο παρακολούθησης του μεταπτυχιακού προγράμματος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
EXTENDED ABSTRACT	6
1. Introduction	6
2. Literature review	7
3. Methodology	7
4. Conclusions	10
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	 10
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
1.1 Γενικά	11
1.2 Βιβλιογραφική επισκόπηση	12
1.3 Συμβολή της εργασίας - Πρωτότυπα σημεία	13
1.4 Διάρθρωση της εργασίας	13
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	 15
ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	
2.1 Γενικά	16
2.2 Βροχομετρικά δεδομένα	17
2.3 Χιονομετρικά δεδομένα	18
2.4 Δεδομένα θερμοκρασίας	18
2.5 Υπόλοιπα δεδομένα Δυνητικής Εξατμοδιαπνοής	18
2.6 Δεδομένα παροχών	18
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	 19
ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΓΠ ARCVIEW	
3.1 Γενικά για τα ΣΓΠ	20
3.2 Το ΣΓΠ ARCVIEW	20
3.2.1 Χωρική Ανάλυση	22
3.2.2 Μέθοδοι παρεμβολής	24
3.3 Η γλώσσα AVENUE	25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	32
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	
4.1 Υδρολογικός κύκλος και υδατικό ισοζύγιο	33
4.2 Το μοντέλο υδατικού ισοζυγίου	34
4.2.1 Γενικά	34
4.2.2 Συνιστώσες και μεταβλητές του μοντέλου	35
4.2.3 Παράμετροι του μοντέλου	38
4.2.4 Περιγραφή της λειτουργίας του μοντέλου	39
4.2.5 Αλγόριθμος του μοντέλου	40
4.2.6 Βαθμονόμηση του μοντέλου	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	43
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ Σ.Γ.Π.	
5.1 Περιοχή μελέτης	45
5.1.1 Γενικά	45
5.1.2 Γεωλογία	45
5.2 Περιγραφή κατασκευής επιφανειών των μεταβλητών	48
5.2.1 Επιφάνειες κατακρήμνισης	48
5.2.2 Επιφάνειες βροχόπτωσης – χιονόπτωσης	50
5.2.3 Επιφάνειες δυνητικής εξατμοδιαπνοής	57
5.2.4 Επιφάνειες τήξης χιονιού με βάση τη μέση μηνιαία θερμοκρασία	58
5.2.5 Επιφάνειες δεξαμενής χιονιού και πραγματικής τήξης χιονιού	60
5.2.6 Βαθμονόμηση	64
5.2.7 Επιφάνειες αποθέματος δεξαμενής εδάφους, αποθέματος δεξαμενής υπόγειου νερού, πραγματικής εξατμοδιαπνοής και απορροής	67
5.2.8 Αποτελέσματα	74
5.2.9 Επιφάνειες συγκεντρωτικής απορροής	77
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	79
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	
6.1 Συμπεράσματα	80
6.2 Μελλοντική έρευνα	81

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

84

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία αποτελεί μία εφαρμογή Συστήματος Γεωγραφικής Πληροφορίας (Σ.Γ.Π.) στη μελέτη του υδατικού ισοζυγίου λεκάνης απορροής.

Η περιοχή μελέτης είναι η υδρολογική λεκάνη ανάντη της θέσης Φράγματος Κρεμαστών του ποταμού Αχελώου και το Σ.Γ.Π που χρησιμοποιήθηκε στην εφαρμογή είναι το ARCVIEW.

Αρχικά γίνεται μία περιγραφή του Σ.Γ.Π ARCVIEW και ιδιαίτερα της ενσωματωμένης γλώσσας προγραμματισμού AVENUE η οποία χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη της εφαρμογής.

Η περιοχή μελέτης έχει διαμεριστεί σε τετραγωνικά κύτταρα διάστασης 2 km και οι εισοδοι και έξοδοι του μοντέλου είναι επίσης σε μορφή καννάβου ίδιας ισοδιάστασης με τη λεκάνη απορροής. Το μοντέλο είναι κατανεμημένο αφού όλοι οι υπολογισμοί μεταξύ των μεταβλητών γίνονται για κάθε κύτταρο ξεχωριστά.

Στην εργασία γίνεται λεπτομερής περιγραφή του μοντέλου, των μεταβλητών εισόδου, των παραμέτρων, των μεταβλητών εξόδου και της λειτουργίας του. Στη συνέχεια περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο κατασκευάστηκε η εφαρμογή μέσα στο Σ.Γ.Π ARCVIEW, η δημιουργία των επιφανειών των μεταβλητών εισόδου καθώς και ο αλγόριθμος της λειτουργίας του μοντέλου για την κατασκευή των επιφανειών των μεταβλητών εξόδου. Η εφαρμογή κατασκευάστηκε εξ ολοκλήρου με τη βοήθεια προγραμμάτων στη γλώσσα AVENUE.

Η εργασία ολοκληρώνεται με τη βαθμονόμηση του μοντέλου και τη σύγκριση των αποτελεσμάτων του μοντέλου με τα υπάρχοντα υδρογραφήματα στην έξοδο της λεκάνης.

Όλα τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν και τα προγράμματα που αναπτύχθηκαν δίνονται στα παραρτήματα της εργασίας.

EXTENDED ABSTRACT

1. Introduction

The present postgraduate thesis constitutes an application of Geographic Information System (GIS) to the study of the water balance in a hydrological basin. A water balance model is developed having for input hydrometeorological data and output spatial data of runoff, evapotranspiration and water storage.

The basin under study is located upstream to the Kremasta Dam in Acheloos River. The ARCVIEW GIS program was employed for the application. The following figure presents the digital terrain model and the location of the basin in the Greek territory.

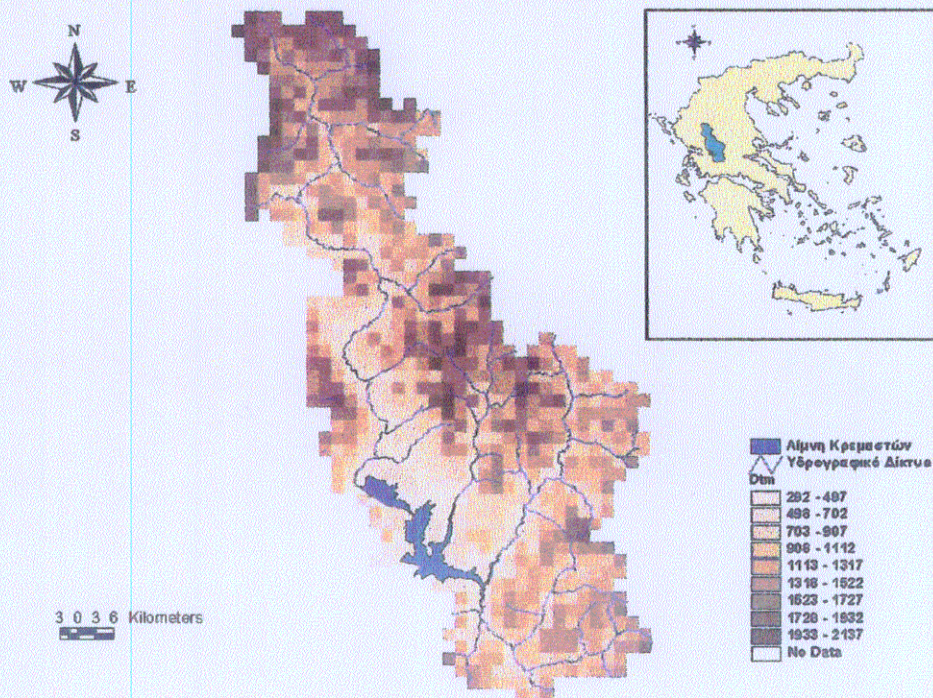


Figure 1: DEM of Kremasta Basin

The study is composed of Chapter 1 (Introduction), five Chapters (2-6), bibliography and two Annexes.

Chapter 2 consists a description of all hydrological data used.

In Chapter 3 there is a description of the ARCVIEW GIS program with emphasis to the programming language AVENUE that comes with ARCVIEW.

A detailed description of the model, operation, input variables, parameters used and output variables follows in Chapter 4. The algorithm of the model also included.

Chapter 5 contains some information about the basin. Also, a description of the application development method within ARCVIEW GIS is given, as well as the input

variables grids construction and the model algorithm for the construction of the output variable grids. The calibration and verification of the model is also accomplished here.

Chapter 6 summarizes the main points that have been presented during this study, the conclusions and suggests related future research topics.

Annexes contain all hydrometeorological data used and the programs developed for the application.

2. Literature review

A number of researchers have used water balance models to estimate hydrologic fluxes. However, there is a small number of studies that present the connection of GIS and water balance modeling (Olivera [1995], Reed et al. [1997], Pimentá [1999]).

In the Greek literature there are studies in hydrological applications that use GIS. Therefore, water balance application using GIS is an object that studied for the first time.

The water balance model developed in the present thesis, is based on an older model (Nalbantis [1992]) that modified in the present thesis.

3. Methodology

The basin was divided into cells of 4 square kilometers each and the inputs and outputs of the model were grids with the same cell size. The model is distributed as the calculations between variables take place on individual cell basis. The time step of the model is monthly.

The transformation of rainfall to runoff at the basin outlet is accomplished by successive transformations of rain in an interconnected reservoir system. A short description of these reservoirs follows:

□ *R1: Reservoir of snow accumulation*

Input: Snowfall

Output: Snowmelt

□ *R2: Reservoir of soil moisture*

Input: Part of rain and snowmelt that percolated to the ground

Output: Surface runoff and outflow to the next reservoir of ground water

□ *R3: Reservoir of groundwater*

Input: Part of the soil moisture reservoir storage

Output: Outflow to the river from the groundwater reservoir storage

The input variables are:

- *Precipitation P*
- *Potential evapotranspiration E_p*
- *Average temperature T_m*
- *Maximum average daily temperature T_{max}*
- *Minimum average daily temperature T_{min}*

The input variables are:

- *Storage of soil moisture reservoir S*
- *Storage of groundwater reservoir G*
- *Real evapotranspiration RE*
- *Total runoff Q*

The model parameters are:

- *Imperviousness v*
- *Storage capacity of soil moisture reservoir K*
- *Recession coefficient of soil moisture κ*
- *Recession coefficient of ground water λ*

The entire application was built on the AVENUE programming language. The method that used to construct the input variables grids, the algorithm and the output variables grids is a characteristic of object oriented programming method. Important factors in the technique that followed here, are the specification of grid data and the difficulty in managing grid themes.

The thesis is completed with the calibration and verification of the model. Firstly, the lumped model was calibrated and the calibrated parameters were input in the distributed model algorithm. The values of the parameters are:

$$v = 0.218$$

$$\kappa = 0.087$$

$$\lambda = 0.069$$

$$K = 154.02 \text{ mm}$$

The calibration period is 57 months and the verification period 36 months. The comparison between both lumped and distributed estimated runoff values and the available runoff values at the basin outlet for both calibration and verification period is shown in Figures 2,3 and 4.

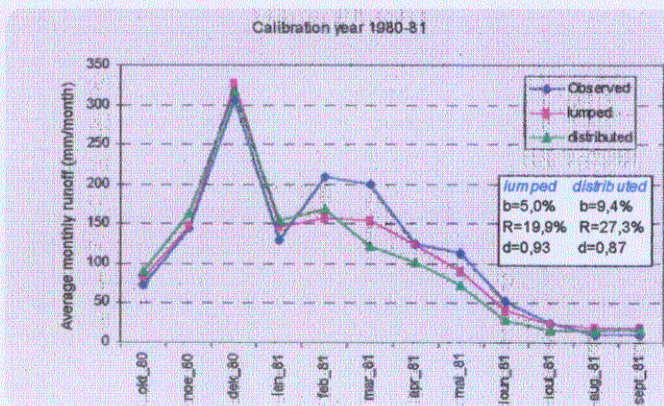


Figure 2: Calibration year 1980-81

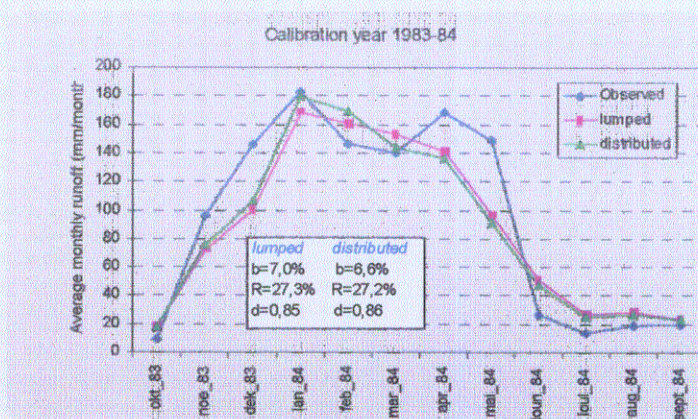


Figure 3: Calibration year 1983-84

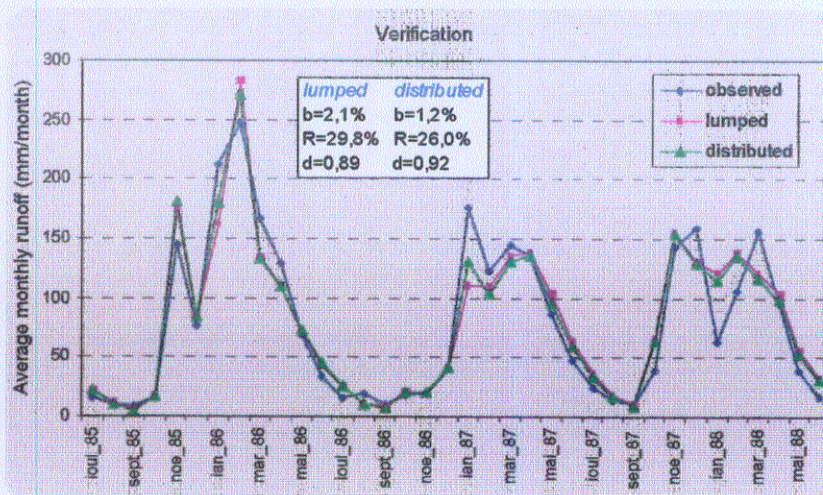


Figure 4: Verification period

4. Conclusions

- A simple distributed water balance model was developed which simulates the hydrological processes using a monthly time step. The input is hydrometeorological data and the output is spatial data of runoff, evapotranspiration and water storage in different ground levels. The development of the model was based on an object oriented programming language (AVENUE) which comes with ARCVIEW GIS program. The model was applied in a basin that lies upstream Kremasta Dam in Acheloos River.
- The model, due to its distributed character and development in a GIS environment, allows the calculation of the output variables spatial distribution. Furthermore, the output variables integration gives the monthly runoff volume along the rivers.
- The model was calibrated using runoff values available at the basin outlet. The greater part of the data was used for calibration and the smaller one for verification. The comparison between the computed and the observed values concluded that the performance of the model is very satisfactory. The model deviation for a typical calibration year was measured at 6.6% for bias, 27.3% for root mean square error and 0.86 for the determination coefficient. The respective values for the verification period were: 1.2% for bias, 26% for root mean square error and 0.92 for the determination coefficient
- As far as the computation part of the thesis is concerned, the development of the programs in AVENUE language presents advantages and disadvantages. It consists a powerful tool that automates and accelerates complicated procedures even though its processing speed is not always satisfactory. The computational demand of the program is high, due to the nature of grid data, whose management and calculations are performed on a grid cell basis.
- Grid management in ARCVIEW GIS program was satisfactory. The program was quite stable despite the large number of created grids (more than 2000 grids were created for this application's needs). The performance of the program was gradually decreased as the application execution proceeded. This fact depends on the technical characteristics of the computer system (PC) as well as the operating system (MS Windows) employed.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Η παρούσα εργασία αποτελεί μία μελέτη υδατικού ισοζυγίου με χρήση Συστήματος Γεωγραφικής Πληροφορίας. Στόχος της είναι να δείξει τη χρησιμότητα των ΣΓΠ στη μελέτη υδατικού ισοζυγίου λεκάνης απορροής. Το ΣΓΠ αποτελεί εργαλείο που έχει τη δυνατότητα ποσοτικής εκτίμησης της χωρικής μεταβλητότητας όλων των μεταβλητών που εμπλέκονται στο υδατικό ισοζύγιο υδρολογικής λεκάνης. Αυτό δεν συμβαίνει με τα συγκεντρωτικά μοντέλα τα οποία δίνουν μία χωρικά μέση τιμή της μεταβλητής.

Σε μια τέτοια μελέτη είναι πολύ σημαντικό να υπάρχουν διαθέσιμα υδρομετεωρολογικά στοιχεία σε όσο το δυνατό περισσότερους σταθμούς ώστε να καλύπτεται επαρκώς όλη η λεκάνη. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται καλύτερη εκτίμηση των συνολικών εισροών στο σύστημα της λεκάνης και εκροών από αυτή. Η πληροφορία των σταθμών για τις διάφορες υδρομετεωρολογικές μεταβλητές είναι σημειακή ενώ το Σ.Γ.Π. με τις ενσωματωμένες μεθόδους παρεμβολής δίνει τη δυνατότητα μετατροπής της πληροφορίας σε επιφανειακή. Αυτό είναι πολύ σημαντικό γιατί η πληροφορία υπάρχει σε όλη την έκταση τη λεκάνης και όχι μόνο στα σημεία όπου είναι εγκατεστημένοι οι μετεωρολογικοί σταθμοί.

Η περιοχή μελέτης είναι η λεκάνη των Κρεμαστών του ποταμού Αχελώου, μία λεκάνη ορεινή, με έντονο ανάγλυφο, πολλές βροχοπτώσεις και χιονοπτώσεις και χαμηλές θερμοκρασίες.

Το Σ.Γ.Π. που χρησιμοποιήθηκε είναι το ARCVIEW το οποίο διαθέτει ενσωματωμένη γλώσσα προγραμματισμού, τη γλώσσα AVENUE. Μέσα στο περιβάλλον του ARCVIEW, στη γλώσσα του συστήματος αναπτύχθηκε απλό μοντέλο υδατικού ισοζυγίου με βήμα προσομοίωσης μηνιαίο.

1.2 Βιβλιογραφική επισκόπηση

Η επισκόπηση στη διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία δείχνει ότι πάρα πολλοί ερευνητές έχουν πραγματοποιήσει μελέτες που αφορούν μοντέλα υδατικού ισοζυγίου σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές και για διάφορες χωρικές και χρονικές κλίμακες. Ωστόσο, η μελέτη υδατικού ισοζυγίου με χρήση ΣΓΠ αποτελεί θέμα για το οποίο έχει πραγματοποιηθεί ένας μικρός αριθμός εργασιών.

Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται οι εργασίες του Olivera F. [1995], των Reed et al. [1997], της Pimenta M.T. [1999].

Όσον αφορά την ελληνική βιβλιογραφία έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες στις οποίες γίνεται χρήση ΣΓΠ σε υδρολογικές εφαρμογές αλλά όχι σε υδατικό ισοζύγιο.

Το μοντέλο υδατικού ισοζυγίου που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία βασίστηκε σε ένα μοντέλο που είχε αναπτυχθεί παλιότερα (Ναλμπάντης [1992]), το οποίο τροποποιήθηκε στην παρούσα εργασία..

1.4 Συμβολή της εργασίας – Πρωτότυπα σημεία

Με βάση την αναζήτηση της ελληνικής βιβλιογραφίας, η παρούσα εργασία έχει ως ένα βαθμό πρωτοτυπία τόσο ως προς το σύστημα που αναπτύχθηκε όσο και ως προς την εφαρμογή του σε λεκάνη του ελληνικού χώρου.

Ένα σημείο το οποίο χαρακτηρίζεται πρωτότυπο σε σχέση και με τις εργασίες της διεθνούς βιβλιογραφίας είναι η δυνατότητα κατασκευής επιφανειών συγκεντρωτικής απορροής κατά μήκος των ποταμών της λεκάνης, χρησιμοποιώντας ένα απλό μοντέλο υδατικού ισοζυγίου με τέσσερις μόνο παραμέτρους.

Η κατασκευή του μοντέλου μέσα στο σύστημα με την ενσωματωμένη γλώσσα προγραμματισμού και η εφαρμογή της σε περιβάλλον χωρικής ανάλυσης, δηλαδή υπολογισμοί σε επίπεδο κυττάρου είναι τεχνικές που έχουν εφαρμοστεί σε άλλα πεδία. Στην εργασία αυτή δείχτηκε ότι τα παραπάνω μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στην ανάλυση και μοντελοποίηση του υδατικού ισοζυγίου.

Ένα από τα σημαντικά σημεία της εργασίας είναι το γεγονός ότι με ένα απλό ως προς τη δομή υδρολογικό μοντέλο και με ένα πολύ μικρό αριθμό παραμέτρων, μπορεί να προσεγγιστεί ικανοποιητικά το υδατικό ισοζύγιο και η γεωγραφική κατανομή του σε μια λεκάνη απορροής. Παράλληλα δείχνεται ότι τα προγραμματιστικά εργαλεία που έχει ένα διαδεδομένο ΣΓΠ όπως το ARCVIEW μπορούν να αξιοποιηθούν σε μια υδρολογική εφαρμογή όπως το υδατικό ισοζύγιο.

1.5 Διάρθρωση της εργασίας

Η εργασία αποτελείται από το Κεφάλαιο 1 (Εισαγωγή), πέντε Κεφάλαια (2-6), τη βιβλιογραφία και δύο παραρτήματα.

Το Κεφάλαιο 2 περιέχει περιγραφή όλων των υδρολογικών στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν.

Στο Κεφάλαιο 3 γίνεται μια περιγραφή του ΣΓΠ ARCVIEW και των δυνατοτήτων του. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην περιγραφή της γλώσσας του συστήματος AVENUE.

Στο Κεφάλαιο 4 περιγράφεται με λεπτομέρεια το μοντέλο υδατικού ισοζυγίου, δηλαδή οι μεταβλητές εισόδου και εξόδου, οι παράμετροι και η λειτουργία του. Επίσης περιέχεται και ο αλγόριθμος του μοντέλου.

Στο Κεφάλαιο 5 δίνονται στοιχεία για την περιοχή μελέτης και περιγράφεται η ανάπτυξη της εφαρμογής στο ΣΓΠ ARCVIEW. Περιγράφεται με λεπτομέρεια η κατασκευή των επιφανειών των μεταβλητών εισόδου, η βαθμονόμηση και η κατασκευή των επιφανειών των μεταβλητών εξόδου.

Στο κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται τα σημεία που συνοψίζουν την εργασία και τα συμπεράσματα. Επίσης, προτείνονται σημεία που θα μπορούσαν να διερευνηθούν μελλοντικά.

Στο Παράρτημα 1 παρατίθενται όλα τα υδρομετεωρολογικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία των καννάβων όλων των μεταβλητών εισόδου.

Το Παράρτημα 2 περιέχει τον κώδικα όλων των προγραμμάτων που αναπτύχθηκαν στη γλώσσα AVENUE για τις ανάγκες της παρούσα εφαρμογής. Τα προγράμματα συνοδεύονται από χρήσιμα σχόλια για την καλύτερη κατανόηση των εντολών και τεχνικών που χρησιμοποιήθηκαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

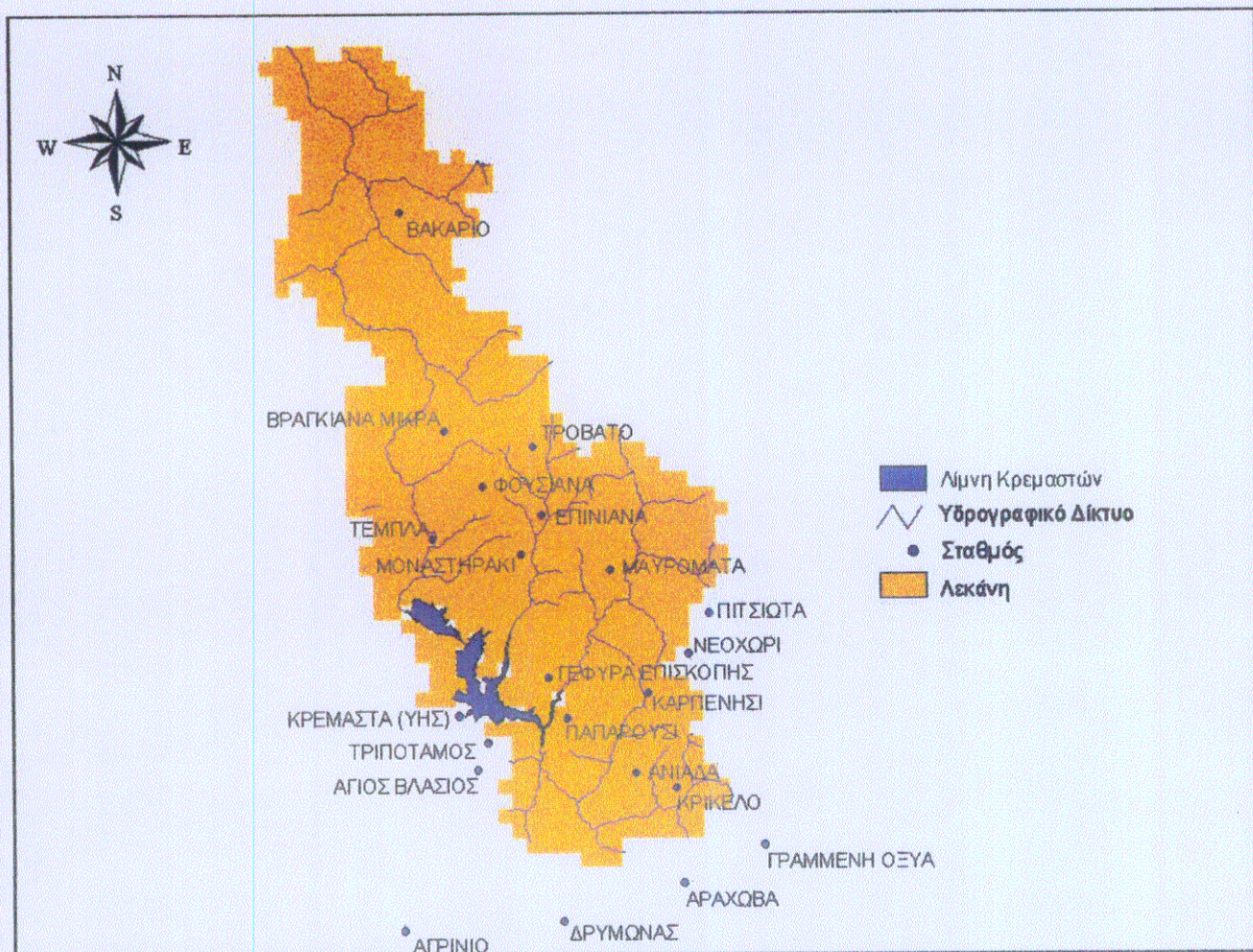
2.1 Γενικά

Τα δεδομένα που υπήρχαν διαθέσιμα για την υλοποίηση της εφαρμογής διακρίνονται σε γεωγραφικά και υδρομετεωρολογικά. Στα γεωγραφικά δεδομένα περιλαμβάνονται το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της λεκάνης (DTM), οι θέσεις των μετεωρολογικών σταθμών, η γεωλογία της λεκάνης και το υδρογραφικό δίκτυο. Τα υδρομετεωρολογικά στοιχεία περιλαμβάνουν τα δεδομένα βροχής, θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, ταχύτητας ανέμου και ηλιοφάνειας στους σταθμούς της περιοχής. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν 22 μετεωρολογικοί σταθμοί οι οποίοι θεωρήθηκε ότι καλύπτουν σχετικά επαρκώς την περιοχή μελέτης. Στον Πίνακα 2.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν, το υψόμετρο στο οποίο είναι εγκατεστημένοι και η υδρολογική μεταβλητή μέτρησης.

Πίνακας 2.1: Μετεωρολογικοί σταθμοί

A/A	ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ
1	ΑΓ.ΒΛΑΣΙΟΣ	850	Βροχή
2	ΑΓΡΙΝΙΟ	47	Μέγιστη, ελάχιστη θερμοκρασία
3	ΑΝΙΑΔΑ	1060	Βροχή
4	ΑΡΑΧΩΒΑ	960	Βροχή
5	ΒΑΚΑΡΙΟ	1150	Βροχή
6	ΒΡΑΓΚΙΑΝΑ	580	Βροχή
7	ΓΕΦ.ΕΠΙΣΚΟΠΗΣ	277	Βροχή
8	ΓΡΑΜΜΕΝΗ ΟΕΥΑ	1160	Βροχή
9	ΔΡΥΜΩΝΑΣ	900	Βροχή
10	ΕΠΙΝΙΑΝΑ	1050	Βροχή
11	ΚΑΡΠΕΝΗΣΙ	960	Βροχή
12	ΚΡΕΜΑΣΤΑ	390	Βροχή, Σχετική υγρασία, Ταχύτητα ανέμου, Ηλιοφάνεια, Μέση θερμοκρασία αέρα
13	ΚΡΙΚΕΛΟ	1120	Βροχή
14	ΜΑΥΡΟΜΑΤΑ	900	Βροχή
15	ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ	660	Βροχή
16	ΝΕΟΧΩΡΙ	800	Βροχή
17	ΠΑΠΑΡΟΥΣΙ	660	Βροχή
18	ΠΙΤΣΙΩΤΑ	800	Βροχή
19	ΤΕΜΠΛΑ	306	Βροχή
20	ΤΡΙΠΟΤΑΜΟΣ	650	Βροχή
21	ΤΡΟΒΑΤΟ	1060	Βροχή
22	ΦΟΥΣΙΑΝΑ	950	Βροχή

Τα γεωγραφικά δεδομένα έχουν ληφθεί από το ερευνητικό έργο 'Εκτίμηση και διαχείριση των υδατικών πόρων της Στερεάς Ελλάδας'. Οι θέσεις των σταθμών στην λεκάνη απορροής παρουσιάζονται στο Χάρτη 2.1 που ακολουθεί. Περισσότερα στοιχεία για τη λεκάνη απορροής παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 5.



Χάρτης 2.1: Θέσεις μετεωρολογικών σταθμών

Από τον Πίνακα 2.1 γίνεται φανερό πως 20 σταθμοί είναι βροχομετρικοί ενώ δεν είχαμε καθόλου χιονομετρικούς σταθμούς. Τα δεδομένα των σταθμών είναι για τα υδρολογικά έτη 1980-81 έως 1987-88 και παρατίθενται στο Παράρτημα 1.

2.2 Βροχομετρικά δεδομένα

Η δημιουργία των επιφανειών κατακρήμνισης έγινε με τη χρήση στοιχείων 21 σταθμών του Πίνακα 2.1. Δεν χρησιμοποιήθηκε δηλαδή ο σταθμός Αγρίνιο. Τα δεδομένα είναι μηνιαίες μετρήσεις βροχόπτωσης οι οποίες έχουν επεξεργαστεί περαιτέρω και έχουν ληφθεί από το

ερευνητικό έργο 'Εκτίμηση και διαχείριση των υδατικών πόρων της Στερεάς Ελλάδας', Τεύχος 6: Δοκιμαστική εφαρμογή των προγραμμάτων επεξεργασίας στη λεκάνη Ευήνου. Αναστασοπούλου Π. κ.ά. [1992].

2.3 Χιονομετρικά δεδομένα

Οι χιονοπτώσεις υπολογίστηκαν μέσα στο μοντέλο διότι, όπως προαναφέρθηκε, στους παραπάνω σταθμούς δεν υπήρχαν μετρήσεις χιονιού. Η ακριβής μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τον επιμερισμό της κατακρήμνισης σε βροχόπτωση και χιονόπτωση αναφέρεται με λεπτομέρεια στο Κεφάλαιο 5.

2.4 Δεδομένα θερμοκρασίας

Τα δεδομένα θερμοκρασίας που ήταν απαραίτητα για την εφαρμογή ήταν μέση μηνιαία θερμοκρασία για τον καθορισμό της ποσότητας τήξης χιονιού και τον υπολογισμό της δυναμικής εξατμοδιαπνοής. Επίσης για τον επιμερισμό της κατακρήμνισης σε βροχόπτωση και χιονόπτωσης χρησιμοποιήθηκαν η ελάχιστη μέση ημερήσια θερμοκρασία και η μέγιστη μέση ημερήσια θερμοκρασία. Τα δεδομένα αυτά προέρχονται από το ερευνητικό έργο 'Εκτίμηση και διαχείριση των υδατικών πόρων της Στερεάς Ελλάδας', Τεύχος 4: Ισοζύγια Ταμιευτήρων. Ρώτη κ.ά. [1992].

2.5 Υπόλοιπα Δεδομένα Δυναμικής Εξατμοδιαπνοής

Τα δεδομένα σχετικής υγρασίας, ταχύτητας ανέμου και ηλιοφάνειας προέρχονται από το ερευνητικό έργο 'Εκτίμηση και διαχείριση των υδατικών πόρων της Στερεάς Ελλάδας', Τεύχος 4: Ισοζύγια Ταμιευτήρων. Ρώτη κ.ά. [1992]. Παρατίθενται στους Πίνακες 3, 5 και 4 αντίστοιχα, του Παραρτήματος 1.

2.6 Δεδομένα Παροχών

Οι παροχές που χρησιμοποιήθηκαν για τη βαθμονόμηση και επαλήθευση του μοντέλου είναι τιμές παροχών που έχουν εκτιμηθεί από μελέτη ισοζυγίου του ταμιευτήρα Κρεμαστών. Η σειρά αυτών των παροχών αποτελεί την ιστορική σειρά μέσω μηνιαίων παροχών με την οποία βαθμονομήθηκε και επαληθεύτηκε το μοντέλο. Τα δεδομένα προέρχονται από το ερευνητικό έργο 'Εκτίμηση και διαχείριση των υδατικών πόρων της Στερεάς Ελλάδας', Τεύχος 20: Μελέτη Υδρολογικών Ισοζυγίων. Μάμασης κ.ά. [1995].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ (ΣΓΠ) ARCVIEW

3.1 Γενικά για τα ΣΓΠ

Τα Συστήματα Γεωγραφικής Πληροφορίας προσομοιώνουν στοιχεία του γεωγραφικού χώρου, όπως αυτά διατάσσονται πραγματικά, και συνδέουν τη γεωγραφική πληροφορία με βάση δεδομένων. Η προσομοίωση του γεωγραφικού χώρου γίνεται τόσο σε δισδιάστατη όσο και σε τρισδιάστατη μορφή. Τα ΣΓΠ δηλαδή, αποτελούν μία εξέλιξη της ψηφιακής χαρτογράφησης και επομένως έχουν άμεση εξάρτηση από τις τοπογραφικές πληροφορίες.

Η βάση δεδομένων μπορεί να περιέχει οποιαδήποτε πληροφορία για στοιχεία του γεωγραφικού χώρου και να συνδέεται με άλλες ανάλογες πληροφορίες. Η βάση αυτή δεν δεσμεύεται από τις γεωγραφικές πληροφορίες και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητα με τη μορφή πίνακα, τόσο για μεμονωμένα στοιχεία του χώρου όσο και για συνδυασμό τους σε μια συγκεκριμένη περιοχή.

Τα ΣΓΠ προσφέρουν μια σειρά πλεονεκτημάτων στην υλοποίηση εφαρμογών, που συνοψίζονται στα εξής:

- Συνδυάζουν τη διαχείριση βάσης δεδομένων με τη γραφική απεικόνιση χαρτών και άλλες πληροφορίες στο χώρο.
- Επιτρέπουν άμεση πρόσβαση σε ακριβείς πληροφορίες.
- Επιτρέπουν ταυτόχρονη ενημέρωση του γραφικού μέρους και της βάσης δεδομένων.
- Έχουν τη δυνατότητα εισαγωγής και εξαγωγής δεδομένων από και σε άλλα λογισμικά.

Όσον αφορά στην χρήση τους σε υδρολογικές εφαρμογές οι τεχνικές που υποστηρίζονται από τα ΣΓΠ προσφέρουν δυνατότητες όπως:

- Παρεμβολή και επιφανειακή ολοκλήρωση υδρολογικών μεταβλητών.
- Εξαγωγή μορφολογικών χαρακτηριστικών λεκάνης απορροής.
- Εξαγωγή υδρολογικών ιδιοτήτων λεκάνης απορροής με βάση την επιφάνεια υψομέτρου (συγκέντρωση ροής, υδρογραφικό δίκτυο).
- Συσχέτιση απορροής με δεδομένα λεκάνης (εδαφολογία, φυτοκάλυψη, γεωλογία, χρήσεις γης).

3.2 Το ΣΓΠ ARCVIEW

Το ARCVIEW είναι ένα ΣΓΠ το οποίο έχει δυνατότητα οπτικοποίησης, διαχείρισης και περιορισμένης επεξεργασίας γεωγραφικών δεδομένων. Το λειτουργικό σύστημα με το οποίο είναι συμβατό το πρόγραμμα είναι τα Windows. Πρόκειται δηλαδή για ένα παραθυρικό πρόγραμμα με menu και γραμμές εργαλείων.

Τα δεδομένα συνδέονται με τους ψηφιακούς χάρτες και παρέχεται η δυνατότητα διαχείρισης και ανάλυσής τους με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να διαφαίνονται εύκολα οι σχέσεις μεταξύ των γεωγραφικών περιοχών. Όλα αυτά είναι δύσκολο να γίνουν μέσα από απλές καταστάσεις (reports) και φύλλα εργασίας (spreadsheets).

Το ΣΓΠ ARCVIEW παρέχει δυνατότητες για:

- ❑ Δημιουργία ψηφιακών χαρτών.
- ❑ Δημιουργία νέων γεωγραφικών περιοχών, γραμμών ή σημείων, χρησιμοποιώντας τα σχεδιαστικά εργαλεία του συστήματος και τη δυνατότητα της ψηφιοποίησης.
- ❑ Διαχείριση και ανάλυση των δεδομένων μέσω θεματικών χαρτών, γραφημάτων και αναφορών.
- ❑ Επεξεργασία των θεματικών χαρτών (editing).
- ❑ Εκτύπωση χαρτών με υπόμνημα, σύμβολα κλίμακας και διεύθυνσης ή και γραφήματα.
- ❑ Εξαγωγή των χαρτών σε τύπους αρχείων άλλου γραφικού προγράμματος.
- ❑ Εκτύπωση σε μορφή αφίσας.
- ❑ Συνεργασία με άλλα σχεδιαστικά προγράμματα ή ΣΓΠ (AUTOCAD, ARCINFO).

Ο γεωγραφικός χώρος απεικονίζεται με επίπεδα πληροφορίας καθένα από τα οποία αποτελεί μια ξεχωριστή γεωγραφική ενότητα μέσα στο σύστημα. Οι ενότητες αυτές ονομάζονται coverages. Οι βασικές γεωγραφικές οντότητες με τις οποίες απεικονίζονται τα παραπάνω επίπεδα πληροφορίας είναι τα σημεία (points), τα πολύγωνα (polygons) και οι γραμμές (lines). Κάθε επίπεδο πληροφορίας περιέχει μόνο μία μορφή από τις γεωγραφικές οντότητες, δηλαδή περιέχει μόνο πολύγωνα ή μόνο σημεία ή μόνο γραμμές.

Κάθε γεωγραφική οντότητα στο επίπεδο πληροφορίας συνδέεται με τα δεδομένα που αποθηκεύονται σε πίνακα βάσης δεδομένων (attribute data). Ο πίνακας αυτός περιέχει τουλάχιστον ένα πεδίο το οποίο δείχνει τον τύπο της γεωγραφικής οντότητας (Shape field). Το συγκεκριμένο πεδίο κατά κάποιο τρόπο είναι κλειδωμένο από το πρόγραμμα αφού δεν πρέπει να σβηστεί ούτε μπορεί να επεξεργαστεί περαιτέρω. Αν σβηστεί το πεδίο Shape τότε δημιουργείται λειτουργικό πρόβλημα στην εφαρμογή (project) που περιέχει το συγκεκριμένο coverage. Έτσι, στις γεωγραφικές ενότητες σημείων οι εγγραφές του πεδίου Shape περιέχουν τον τύπο Point, στα πολύγωνα περιέχεται ο τύπος Polygon και στις γραμμές ο τύπος PolyLine.

Το πρόγραμμα παρέχει δυνατότητες διαχείρισης και ανάλυσης των δεδομένων στους πίνακες των επιπέδων πληροφορίας. Η επιλογή συγκεκριμένων στοιχείων μπορεί να γίνει από την οθόνη γραφικά, με τη βοήθεια του ποντικιού. Στην περίπτωση αυτή τα στοιχεία που

επιλέγονται στην οθόνη τονίζονται με διαφορετικό χρώμα και ταυτόχρονα επιλέγονται και στον πίνακα δεδομένων με το ίδιο χρώμα. Η επιλογή στοιχείων γραφικά είναι σημαντικό πλεονέκτημα διότι η επιλογή γίνεται εποπτικά, με ταχύτερο τρόπο, χωρίς να χρειάζεται ανάγνωση ολόκληρου του πίνακα δεδομένων. Επίσης, η επιλογή δεδομένων μπορεί να γίνει με συγκεκριμένα κριτήρια (queries).

Με όποιο τρόπο γίνει η επιλογή των δεδομένων, αυτά μπορούν να επεξεργαστούν (διόρθωση, διαγραφή κλπ.) και να εξαχθούν τα στατιστικά χαρακτηριστικά τους. Επίσης, σε έναν χάρτη μπορούν να φαίνονται και να εκτυπωθούν μόνο τα επιλεγμένα στοιχεία ενός coverage.

Ο πίνακας δεδομένων μπορεί να υποστεί επεξεργασία ανεξάρτητα από το γραφικό μέρος, σαν απλός πίνακας. Έτσι, μπορούν εύκολα να κατασκευαστούν γραφήματα και να συνδεθούν με τον πίνακα. Υπάρχει η δυνατότητα, επίσης, αλλαγής της θέσης των πεδίων, μετονομασίας τους, εμφάνισης ή απόκρυψής τους, διαγραφής ή πρόσθεσης πεδίων. Ο πίνακας μπορεί να εκτυπωθεί απευθείας από το πρόγραμμα ή να εξαχθεί με κάποια άλλη μορφή (αρχείο *.txt ή *.dbf) και να εκτυπωθεί ή να υποστεί επεξεργασία σε άλλο πρόγραμμα (Excel, Access). Πεδία μπορούν να προστεθούν μεμονωμένα μέσα στον πίνακα με τη βοήθεια εντολών στα menu είτε με την εισαγωγή και σύνδεση (join) έτοιμου πίνακα από άλλο πρόγραμμα ή βάση δεδομένων.

3.2.1 Χωρική Ανάλυση (Spatial Analysis)

Η δημιουργία και εμφάνιση των καννάβων στο πρόγραμμα ARCVIEW γίνεται με την ενεργοποίηση ενός ειδικού εργαλείου, του χωρικού αναλυτή (Spatial Analyst Extension). Υπάρχει η δυνατότητα το ειδικό εργαλείο να είναι πάντα ενεργοποιημένο με την εκκίνηση του προγράμματος ώστε να μην φορτώνεται κάθε φορά που ανοίγει μια εφαρμογή με δεδομένα σε κανναβική μορφή. Περιλαμβάνει εργαλεία δημιουργίας επιφανειών (προσομοίωση λεκανών απορροής) και ανάλυσης των χαρακτηριστικών τους όπως κλίση, προσανατολισμός, σκίαση, δημιουργία ισούψων.

Ο κάνναβος (grid) είναι ένα επίπεδο γεωγραφικής πληροφορίας που προσομοιώνει raster δεδομένα. Τα raster δεδομένα προσομοιώνουν τη γεωγραφική μεταβλητότητα διαιρώντας το χώρο σε διακριτά τετράγωνα που ονομάζονται κύτταρα (cells), σε καθένα από τα οποία αποθηκεύεται μια τιμή (value). Η απλούστερη μορφή ενός raster είναι ένα αρχείο εικόνας (image). Ο κάνναβος όπως χρησιμοποιείται στη χωρική ανάλυση είναι μια ειδική μορφή raster, όπου η τιμή που αποθηκεύεται για κάθε κύτταρό του είναι μια εγγραφή σε έναν πίνακα ο οποίος περιέχει επιπλέον πληροφορίες που περιγράφουν τα κύτταρα.

Η δημιουργία ενός καννάβου συνοδεύεται από ειδικά αρχεία με χρήσιμα στατιστικά στοιχεία. Οι κάνναβοι μαζί με τα αρχεία τους, που δημιουργούνται με τον χωρικό αναλυτή, αποθηκεύονται σε έναν ειδικό κατάλογο (directory) που ονομάζεται χώρος εργασίας (workspace). Ένα από αυτά τα σημαντικά αρχεία είναι το αρχείο V.A.T. (Value Attribute Table), ο πίνακας με τις τιμές του καννάβου. Ο πίνακας V.A.T. περιέχει δύο βασικά πεδία το πρώτο από τα οποία περιέχει τις τιμές των κυττάρων (value) και το δεύτερο τον αριθμό των κυττάρων με την ίδια τιμή (count). Άλλα πεδία με επιπλέον στοιχεία για τον κάνναβο μπορούν να προστεθούν αργότερα.

Το μέγεθος του κυττάρου που χρησιμοποιείται είναι σημαντικό διότι είναι η μικρότερη μονάδα στη χαρτογράφηση και καθορίζει την ακρίβεια της γεωγραφικής ανάλυσης. Το μέγεθος του κυττάρου επιλέγεται με βάση τη διαθέσιμη πληροφορία και την επιθυμητή ακρίβεια. Όσο πιο μικρό είναι το μέγεθος του κυττάρου τόσο πιο μεγάλη ακρίβεια υπάρχει. Αυτό όμως συνεπάγεται πιο μεγάλα αρχεία (μεγαλύτεροι πίνακες) και επομένως περισσότερος χρόνος επεξεργασίας.

Οι κάνναβοι μπορεί να περιέχουν ακέραιες ή δεκαδικές τιμές ανάλογα με το είδος της μεταβλητής που απεικονίζουν. Στους δεκαδικούς καννάβους δεν σχηματίζεται ο πίνακας V.A.T. και επομένως δεν είναι γνωστή η ακριβής τιμή κάθε κυττάρου παρά μόνο η διακύμανση των τιμών όπως φαίνεται στο υπόμνημα (legend) του καννάβου.

Στο υπόμνημα των καννάβων περιέχονται κλάσεις με τις τιμές της μεταβλητής, καθεμία από τις οποίες έχει διαφορετικό χρώμα ή χρωματική απόχρωση. Έτσι κάθε κύτταρο χρωματίζεται με το χρώμα της κλάσης του. Ξεχωριστή κλάση αποτελεί η τιμή No Data η οποία αντιπροσωπεύει τα κύτταρα για τα οποία δεν υπάρχει γνωστή τιμή ή βρίσκονται έξω από την περιοχή ενδιαφέροντος.

Οι περισσότερες υδρολογικές μεταβλητές μπορούν να απεικονιστούν με τη μορφή επιφανειών οι οποίες προκύπτουν με παρεμβολή από σημειακές τιμές. Το μέγεθος του κυττάρου εξαρτάται από την ακρίβεια που θέλουμε, αλλά συνήθως λαμβάνεται περίπου ίσο με το ένα δέκατο της μέσης απόστασης μεταξύ των σημείων μέτρησης (Dingman, 1994). Στους καννάβους, όπως θα δούμε παρακάτω, είναι πολύ εύκολο να γίνουν πράξεις και να εφαρμοστούν συναρτήσεις και επομένως με τη χωρική ανάλυση μπορούν να μελετηθούν κάποιες υδρολογικές εφαρμογές με υπολογισμούς μεταξύ των επιφανειών και όχι με τον κλασικό τρόπο χρησιμοποιώντας λογιστικά φύλλα. Το υδατικό ισοζύγιο μιας λεκάνης το οποίο υπολογίζεται χονδρικά με πράξεις μεταξύ των μεταβλητών είναι πολύ εύκολο να αντιμετωπιστεί με τη χρήση ΣΓΠ και τη χωρική ανάλυση.

3.2.2 Μέθοδοι παρεμβολής

Οι συνεχείς μεταβλητές, γενικά στα ΣΓΠ απεικονίζονται σαν επιφάνειες, όπου η τιμή κάθε κυττάρου προκύπτει με παρεμβολή από τιμές σημείων τυχαία τοποθετημένων στο χώρο, ώστε να καλύπτουν την περιοχή μελέτης. Ο κάρναβος που προκύπτει είναι η καλύτερη εκτίμηση της τιμής σε κάθε θέση στην πραγματική επιφάνεια. Οι μέθοδοι παρεμβολής κάνουν συγκεκριμένες υποθέσεις για την καλύτερη εκτίμηση της πραγματικής επιφάνειας και στην επιφάνεια που προκύπτει διατηρούνται οι μετρημένες σημειακές τιμές. Με βάση το είδος της μεταβλητής που αντιπροσωπεύουν οι σημειακές τιμές και τον τρόπο που κατανέμονται στο χώρο οι διάφορες μέθοδοι παράγουν επιφάνειες πολύ κοντά στις πραγματικές τιμές. Ανεξάρτητα από τη μέθοδο που χρησιμοποιείται όσο πιο πολλά είναι τα σημεία με τις τιμές και όσο μεγαλύτερη κατανομή έχουν στο χώρο, τόσο πιο αξιόπιστα είναι τα αποτελέσματα.

Το πρόγραμμα ARCVIEW έχει ενσωματωμένες διάφορες μεθόδους παρεμβολής με τη μορφή συναρτήσεων επιφάνειας όπως είναι η μέθοδος IDW, Kriging, Spline και Trend. Οι συναρτήσεις επιφάνειας δημιουργούν συνεχείς επιφάνειες από τιμές σε γνωστά σημεία.

Στην παρούσα εφαρμογή η μέθοδος παρεμβολής που χρησιμοποιήθηκε είναι η Kriging. Η μέθοδος Kriging αναφέρεται από τους περισσότερους ερευνητές ως η πλέον ενδεδειγμένη μέθοδος για τον υπολογισμό της επιφανειακής βροχόπτωσης αλλά και την εκτίμηση της χωρικής κατανομής της (Creutin and Obled, 1982, Τζούλης, 1996). Η μέθοδος Kriging είναι στατιστική μέθοδος βέλτιστης παρεμβολής και θεωρεί τη μεταβολή της μεταβλητής ως τυχαία, εκφράζει την άγνωστη τιμή στο τυχόν σημείο ως γραμμική έκφραση των γνωστών τιμών στις θέσεις των σταθμών και χρησιμοποιεί τη στατιστική μεθοδολογία προκειμένου να εκτιμήσει τους συντελεστές της γραμμικής έκφρασης.

Στη μέθοδο βέλτιστης παρεμβολής γίνεται η παραδοχή ότι στις κοντινές αποστάσεις οι τιμές της μεταβλητής μοιάζουν περισσότερο από ότι στις μακρινές. Για να προσδιοριστεί πώς αυτή η ομοιότητα μεταβάλλεται συναρτήσει της απόστασης πραγματοποιείται ανάλυση των χωρικών δεδομένων και στη συνέχεια κατάρτιση ημιμεταβλητογράμματος. Η χωρική συσχέτιση συνήθως εξετάζεται με τη μέθοδο της ημιδιασποράς που είναι ένα μέτρο του βαθμού της χωρικής συσχέτισης των σημειακών μετρήσεων, δηλαδή ορίζεται η $\gamma(h)$ ως συνάρτηση ημιδιασποράς και εκφράζει τη χωρική διασπορά της μεταβλητής συναρτήσει της απόστασης h . Με βάση τα σημειακά δεδομένα υπολογίζονται οι εμπειρικές τιμές της $\gamma(h)$ και στη συνέχεια σχεδιάζονται συναρτήσεις της απόστασης στο εμπειρικό ημιμεταβλητόγραμμα. Στις εμπειρικές τιμές της $\gamma(h)$ προσαρμόζεται μαθηματική συνάρτηση η οποία στη συνέχεια

χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό κάθε σημείου της επιφάνειας, έτσι ώστε να διατηρείται η δομή της χωρικής διασποράς (McCuen and Snyder, 1986, Μαμάσης, 1997).

Γενικά, η μέθοδος Kriging έχει τις παρακάτω παραδοχές:

- (i) η μεταβλητή ακολουθεί κανονική κατανομή
- (ii) η εκτίμηση των συντελεστών της γραμμικής έκφρασης είναι αμερόληπτη
- (iii) υπάρχει στασιμότητα δευτέρου βαθμού (η ιδιότητα της μέσης τιμής και της διασποράς να μην μεταβάλλονται χωρικά και η συσχέτιση μεταξύ δύο παρατηρήσεων να εξαρτάται μόνο από τη σχετική τους απόσταση).

Οι παράμετροι που χρησιμοποιεί η ενσωματωμένη συνάρτηση παρεμβολής Kriging στο πρόγραμμα ARCVIEW είναι:

- (α) η συνάρτηση προσαρμογής για την κατάρτιση του ημιμεταβλητογράμματος
- (β) η ακτίνα μέσα στην οποία αναζητούνται τα σημεία με τις γνωστές τιμές της μεταβλητής
- (γ) μία απόσταση-όριο για την αναζήτηση των σημείων (προαιρετική παράμετρος).

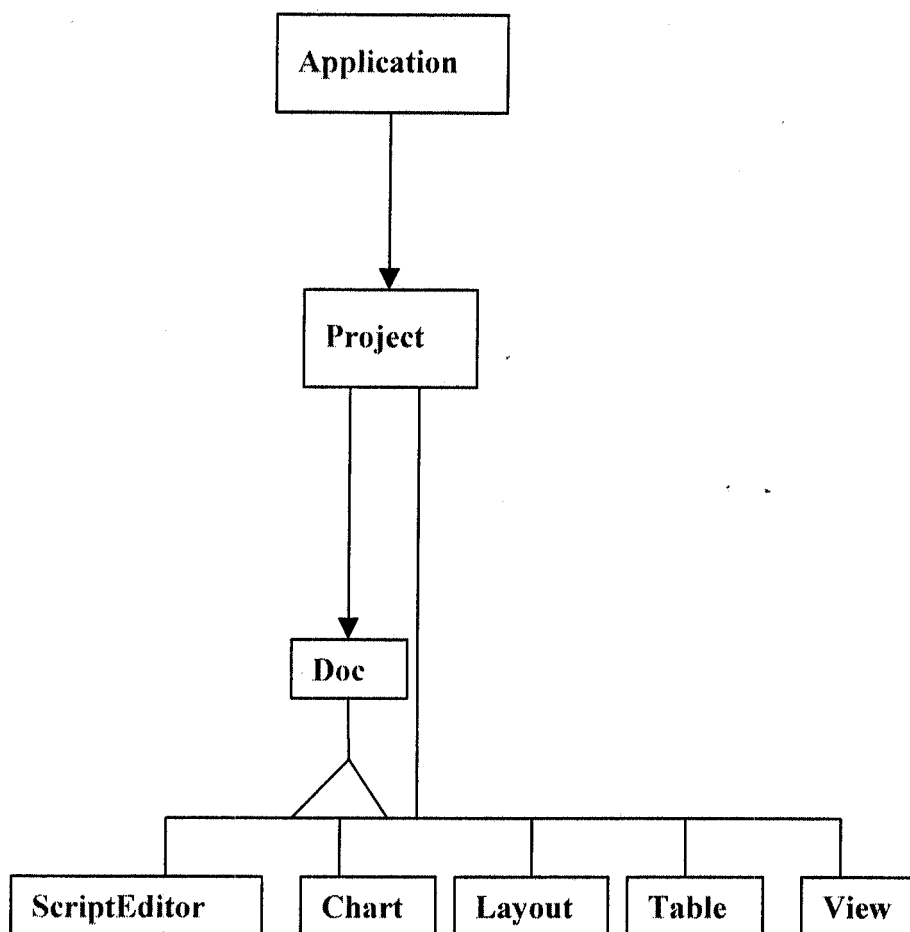
3.3 Η γλώσσα AVENUE

Μια από τις βασικές δυνατότητες του προγράμματος ARCVIEW είναι η ενσωματωμένη γλώσσα AVENUE, με τη χρήση της οποίας επιταχύνονται συγκεκριμένες διαδικασίες. Η AVENUE διαθέτει εντολές διαχείρισης γεωγραφικών δεδομένων και χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη υποπρογραμμάτων (Scripts).

Η AVENUE ανήκει στις αντικειμενοστραφείς γλώσσες (object oriented) δηλαδή τα πάντα στο πρόγραμμα ARCVIEW είναι αντικείμενα τα οποία οργανώνονται σε κλάσεις και μεταξύ τους υπάρχει μια συγκεκριμένη ιεραρχία.

Το αντικείμενο (object) είναι κάτι που έχει σαφή χαρακτηριστικά ή ιδιότητες και έχει συγκεκριμένες δράσεις. Ένα αντικείμενο σχετίζεται με άλλα αντικείμενα με πολλούς τρόπους, δηλαδή μπορεί να αποτελείται από άλλα αντικείμενα ή να χρησιμοποιεί άλλα αντικείμενα. Τα αντικείμενα με παρόμοια χαρακτηριστικά ομαδοποιούνται σε κλάσεις (classes). Η κλάση καθορίζει τις ιδιότητες και δράσεις οι οποίες είναι ίδιες για όλα τα αντικείμενα που περιέχει.

Όπως είναι φανερό, στην AVENUE είναι απαραίτητο να αναγνωριστούν τα αντικείμενα που τη συγκροτούν και να κατανοηθεί πώς οργανώνονται σε κλάσεις και τι είδους δράσεις μπορούν να γίνουν με αυτά. Η ιεραρχία και οι σχέσεις μεταξύ κλάσεων και αντικειμένων οπτικοποιούνται με ένα διάγραμμα μοντέλου αντικειμένων (object model diagram). Ένα τέτοιο διάγραμμα είναι το επόμενο σχήμα:

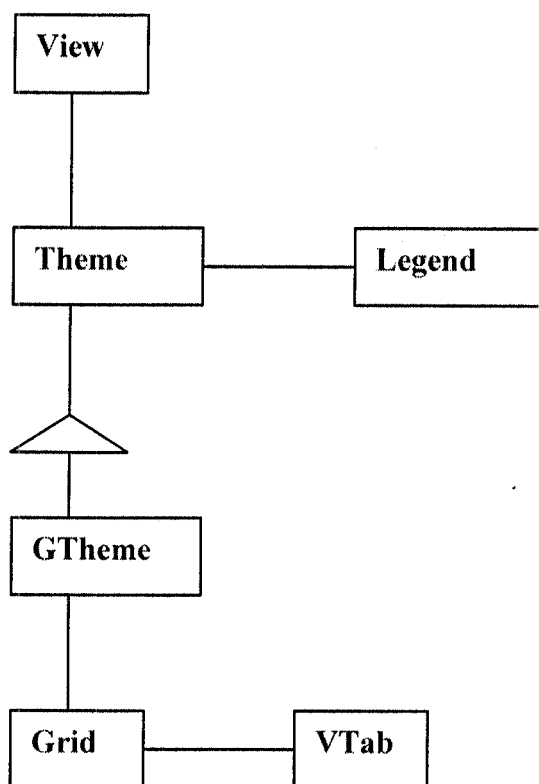


Σχήμα 3.1: Ιεραρχία και κλάσεις στο ARCVIEW

Βλέπουμε λοιπόν ότι πριν απ'όλα, κλάσεις και αντικείμενα, βρίσκεται η εφαρμογή (project). Κάτω από την εφαρμογή υπάρχει η υπερκλάση (superclass) Document και στη συνέχεια οι υποκλάσεις (subclasses) Όψη (View), Πίνακας (Table), Χάρτης (Layout), Διάγραμμα (Chart) και Συντάκτης Υποπρογραμμάτων (ScriptEditor). Η υποκλάση View περιέχει τις κλάσεις Θέμα (Theme) και TableOfContents (TOC).

Ο προγραμματισμός με αντικειμενοστραφή τρόπο απαιτεί απλά να προσδιορίζεται σε ποια κλάση ανήκει το αντικείμενο και στη συνέχεια να στέλνει στο αντικείμενο μια εντολή μέσω της οποίας θα γίνεται μία δράση. Για παράδειγμα, αν θέλουμε να διαχειριστούμε ένα theme σε ένα view, πρέπει πρώτα να προσδιορίσουμε το view το οποίο περιέχει το theme που θέλουμε.

Στο περιβάλλον του χωρικού αναλυτή τα αντικείμενα που περιέχονται καθώς και οι σχέσεις μεταξύ τους φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα:



Σχήμα 3.2: Αντικείμενα και κλάσεις στον χωρικό αναλυτή

Στο παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε πως η κλάση GTheme είναι υποκλάση της κλάσης Theme και αντιπροσωπεύει στο view τα αντικείμενα των καννάβων (grids). Ο κάνναβος είναι ένα αντικείμενο στο view αλλά αποτελεί από μόνος του μία ξεχωριστή κλάση. Αντικείμενο αποτελεί και ο πίνακας VTab που συνοδεύει έναν κάνναβο με ακέραιες τιμές. Έτσι αν θέλουμε να διαβάσουμε μία εγγραφή του πίνακα VTab πρέπει να δούμε ποιον κάνναβο συνοδεύει, ο κάνναβος σε ποιο GTheme ανήκει και το GTheme σε ποιο view ανήκει, και να ξεκινήσουμε από το view καλώντας ένα ένα αντικείμενο προς τα κάτω στην ιεραρχία.

Οι περισσότερες εντολές της AVENUE ανακτούν ή τροποποιούν τα υπάρχοντα αντικείμενα και απευθύνονται σ'αυτά. Υπάρχουν και οι εντολές κλάσης που απευθύνονται κατευθείαν στην κλάση. Οι εντολές αυτές γενικά δημιουργούν καινούρια αντικείμενα της κλάσης ή επιστρέφουν πληροφορίες για πράγματα που επηρεάζουν την κλάση. Για παράδειγμα δίνεται εντολή στην κλάση Theme να δημιουργήσει ένα καινούριο αντικείμενο (theme) και στη συνέχεια να το προσθέσει σε ένα view.

Διαφορετικές κλάσεις υποστηρίζουν διαφορετικές εντολές. Έτσι μπορεί να δοθεί η εντολή κοντινής εστίασης (zoom) σε ένα view αλλά δεν μπορεί να εκτελεστεί και σε έναν

πίνακα (Table). Μερικές φορές συμβαίνει διαφορετικές κλάσεις να υποστηρίζουν εντολές με το ίδιο όνομα και να δίνουν παρόμοια αποτελέσματα. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται πολυμορφισμός. Μία τέτοια εντολή είναι η *Make* η οποία δημιουργεί καινούρια αντικείμενα της κλάσης αλλά το αποτέλεσμα εξαρτάται από την κλάση στην οποία εκτελέστηκε η εντολή.

Οι εντολές στην AVENUE συνήθως ξεκινούν με μία εντολή η οποία δείχνει τη δράση που θα γίνει όπως *GetProject*, *FindTheme*, *ReturnValue*. Οι εντολές του γενικού τύπου *Get*, *Find*, *Return* είναι οι δράσεις που θα γίνουν ενώ *Project*, *Theme*, *Value* είναι οι κλάσεις που δέχονται τη δράση.

Η σύνταξη της γλώσσας περιλαμβάνει τρεις διαφορετικούς τρόπους ανάλογα πως και πότε εκτελούνται οι εντολές στην AVENUE. Έτσι όταν στέλνουμε εντολή σε ένα αντικείμενο η σύνταξη είναι: *Αντικείμενο.Εντολή (Object.Request)*. Με αυτόν τον τρόπο καθορίζουμε το αντικείμενο και δίνουμε την εντολή. Π.χ.:

TheField.Remove

Στο παράδειγμα, σε ένα αντικείμενο πεδίου της κλάσης *Field*, που ονομάζεται *TheField*, στέλνεται η εντολή *Remove*. Αυτός ο τρόπος σύνταξης είναι ο πιο συνηθισμένος και ονομάζεται *Postfix* διότι η εντολή ακολουθεί το αντικείμενο.

Στην περίπτωση που η εντολή εκτελείται μεταξύ αριθμών, που και αυτοί αποτελούν αντικείμενα, ή μεταξύ καννάβων, η σύνταξη είναι ελαφρώς διαφορετική: *Αντικείμενο Εντολή Αντικείμενο*. Π.χ.:

$10 + 35$

$aGrid * bGrid$

Αυτός ο τρόπος σύνταξης ονομάζεται *Infix*.

Όταν χρησιμοποιούνται εκφράσεις που επιστρέφουν αληθές ή ψευδές αποτέλεσμα (*Boolean expressions*) συνήθως η εντολή τοποθετείται πριν το αντικείμενο και η σύνταξη σε αυτήν την περίπτωση ονομάζεται *Prefix*. Π.χ.:

not (theField.IsTypeShape)

Η έκφραση αυτή μπορεί να γραφτεί και με σύνταξη *Postfix* ως εξής:

(theField.IsTypeShape).not

Οι εντολές που στέλνονται σε ένα αντικείμενο πολλές φορές έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός καινούριου αντικειμένου. Στην περίπτωση αυτή είναι απαραίτητη μία μεταβλητή για να οριστεί το καινούριο αντικείμενο ώστε να μην επαναλαμβάνεται η εντολή κάθε φορά που θέλουμε να δουλέψουμε με αυτό.

Μεταβλητές χρησιμοποιούνται για τον ορισμό της τρέχουσας εφαρμογής, του *view*, του *theme*, του καννάβου ή ακόμα και ενός αριθμού που δείχνει, για παράδειγμα, τον αριθμό των

πεδίων που περιέχονται σε έναν πίνακα. Για να δημιουργήσουμε μια μεταβλητή, γράφουμε το όνομα της μεταβλητής, το σύμβολο ίσον (=) και την εντολή:

```
theProject=av.GetProject
```

```
theView=theProject.FindDoc("BROXES")
```

```
theGTheme=theView.FindTheme("DTM2000")
```

```
aGrid=theGTheme.GetGrid
```

Όταν δημιουργήσουμε μια μεταβλητή ορίζουμε αν αυτή είναι τοπική (local) ή σφαιρική (global). Η τοπική μεταβλητή αναγνωρίζεται μόνο μέσα σε ένα πρόγραμμα ενώ η σφαιρική σε όλα τα προγράμματα της εφαρμογής. Στα προγράμματα της παρούσας εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν μόνο τοπικές μεταβλητές.

Το προηγούμενο παράδειγμα περιέχει τη βασική σύνταξη-Postfix καθώς και τον τρόπο που ορίζουμε έναν κάνναβο που ονομάζουμε aGrid, ξεκινώντας από την εφαρμογή και βάσει της ιεραρχίας φτάνουμε στον κάνναβο. Δηλαδή ο κάνναβος aGrid είναι το theme DTM2000 που περιέχεται στο view BROXES, το οποίο ανήκει στην τρέχουσα εφαρμογή. Ο τρόπος αυτός είναι ο πιο συνήθης με τον οποίο ξεκινά ένα πρόγραμμα (script) στο περιβάλλον του χωρικού αναλυτή.

Οι περισσότερες εντολές που χρησιμοποιούνται στην AVENUE απαιτούν ορίσματα τα οποία μπαίνουν σε παρένθεση αμέσως μετά την εντολή όπως φάνηκε και στο προηγούμενο παράδειγμα. Αν χρειάζονται πάνω από ένα ορίσματα τότε αυτά μπαίνουν με κόμματα στην παρένθεση. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι για την σωστή σύνταξη των εντολών είναι πολύ σημαντική η βοήθεια (on-line help) από το ίδιο το πρόγραμμα, όπου περιέχονται όλες οι εντολές της AVENUE, η σύνταξή τους και οι λειτουργίες της καθεμίας. Επίσης, ένα άλλο θετικό στοιχείο της γλώσσας είναι ότι οι εντολές έχουν το όνομα της δράσης που κάνουν και έτσι είναι πολύ εύκολο, και μέσω της βοήθειας, να βρεθεί η κατάλληλη εντολή για μια συγκεκριμένη λειτουργία.

Η γλώσσα AVENUE υποστηρίζει εντολές οι οποίες χρησιμοποιούνται και σε άλλες γλώσσες προγραμματισμού. Οι εντολές αυτές είναι εντολές ελέγχου ή λογικές εντολές και εντολές που κάνουν επαναληπτικές διαδικασίες. Μία εντολή ελέγχου που χρησιμοποιείται είναι η γνωστή:

```
If (expression1) Then
```

```
request block1
```

```
Else
```

```
request block2
```

End

Στην παραπάνω εντολή εντοπίζεται ένα μειονέκτημα της AVENUE στο περιβάλλον του χωρικού αναλυτή, διότι στην έκφραση που ακολουθεί το if, η γλώσσα δεν δέχεται συνθήκη μεταξύ καννάβων. Το γεγονός αυτό δυσκόλεψε πολλές φορές τη ροή των προγραμμάτων και αντιμετωπίστηκε με τη δημιουργία βοηθητικών καννάβων, όπως περιγράφεται με λεπτομέρεια στο επόμενο κεφάλαιο. Γενικά οι λογικές εντολές μεταξύ καννάβων (>, <, =, >=, <=, <>) επιστρέφουν ακέραιο κάρναβο με τιμή 1 στα κύτταρα που ισχύει η συνθήκη και 0 στα υπόλοιπα. Έτσι ο πίνακας V.A.T. του καννάβου περιέχει το πολύ δύο εγγραφές σε κάθε πεδίο και ο χειρισμός του γίνεται πιο εύκολος.

Ένα άλλο μειονέκτημα που εντοπίζεται είναι ότι δεν σχηματίζεται πίνακας V.A.T. σε κάρναβους με δεκαδικές τιμές. Έτσι οι εντολές που απευθύνονται στον πίνακα (επιλογή εγγραφών με συγκεκριμένα κριτήρια) δεν εκτελούνται. Αυτό αποτελεί σημαντικό σημείο δυσκολίας αν σκεφτεί κανείς ότι όλες οι υδρολογικές μεταβλητές είναι συνεχείς και οι κάρναβοι που τις απεικονίζουν περιέχουν δεκαδικές τιμές. Τέτοια προβλήματα και πάλι αντιμετωπίστηκαν με βοηθητικούς καννάβους οι οποίοι δίνουν λύση αλλά η διαδικασία γίνεται πιο περίπλοκη και χρονοβόρα.

Μια διαδικασία που γίνεται εύκολα και γρήγορα με εντολές AVENUE είναι οι πράξεις μεταξύ καννάβων. Ένα script μπορεί να αντικαταστήσει το εργαλείο Map Calculator και αριθμητικές πράξεις ή συναρτήσεις να εφαρμοστούν πολύ πιο εύκολα. Οι πράξεις μεταξύ καννάβων γίνονται όπως μεταξύ αριθμών, ενώ γίνονται και πράξεις μεταξύ καννάβων και αριθμών:

```
storeGrid=Broxi-Exatmisi+Storage
```

```
newGrid=2.34.asGrid-(0.006.asGrid*theGrid)+12.5.asGrid
```

Παρατηρούμε ότι για να γίνουν πράξεις με αριθμούς, οι αριθμοί μετατρέπονται σε κάρναβους έτσι ώστε η πράξη να γίνεται μεταξύ ομοίων αντικειμένων. Επίσης οι κάρναβοι πρέπει να έχουν το ίδιο μέγεθος κυττάρου για να γίνει σωστά η πράξη σε επίπεδο κυττάρου.

Μία εντολή που χρησιμοποιείται από πολλές γλώσσες και υποστηρίζεται και από την AVENUE είναι η εντολή:

For each variable in collection

request block

End

Η εντολή αυτή αναφέρεται γιατί επιτρέπει την παραμετρική εφαρμογή μιας εντολής ή μιας διαδικασίας (request block) μέσα από έναν επαναληπτικό βρόχο. Έτσι διαδικασίες που έπρεπε να γίνουν για δεδομένα πολλών μηνών έγιναν σύντομα μέσα από ένα πρόγραμμα

συνολικά και όχι για κάθε μήνα ξεχωριστά. Η εντολή μπορεί να εφαρμοστεί για όλα τα θέματα μέσα σε μία όψη ή για όλα τα πεδία ενός πίνακα.

Στο Παράρτημα 2 παρατίθενται όλα τα προγράμματα που αναπτύχθηκαν στη γλώσσα AVENUE για τις ανάγκες της παρούσας εφαρμογής, συνοδευόμενα από σχόλια για την καλύτερη κατανόηση των εντολών και τεχνικών που χρησιμοποιήθηκαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1 Υδρολογικός κύκλος και υδατικό ισοζύγιο

Το νερό κυκλοφορεί στην υδρόσφαιρα, το τμήμα εκείνο της γης που καλύπτεται από νερό και πάγο, μέσα από διαδρομές που συνιστούν τον υδρολογικό κύκλο. Ο υδρολογικός κύκλος περιγράφει την αέναη κίνηση του νερού ανάμεσα στους ωκεανούς, την ατμόσφαιρα και την ξηρά, που συνοδεύεται και από αλλαγές ανάμεσα στην υγρή, την αέρια και τη στερεή φάση του νερού (Κουτσογιάννης Δ., Ξανθόπουλος Θ., 1996).

Το βασικό αντικείμενο της Υδρολογίας είναι ο υδρολογικός κύκλος ο οποίος δεν έχει αρχή και τέλος αφού οι διεργασίες του πραγματοποιούνται αδιάκοπα. Το νερό, λοιπόν, εξατμίζεται από τους ωκεανούς και την επιφάνεια της γης ανεβαίνοντας προς την ατμόσφαιρα με τη μορφή υδρατμών. Οι υδρατμοί, στη συνέχεια, μεταφέρονται και ανυψώνονται στην ατμόσφαιρα μέχρι να συμπυκνωθούν και να κατακρημνιστούν στους ωκεανούς ή στην ξηρά. Το νερό που κατακρημνίζεται κατακρατείται από τη βλάστηση, απορρέει επιφανειακά, διηθείται στο έδαφος, απορρέει υπόγεια μέσα στο έδαφος και εκφορτίζεται στα ποτάμια ως επιφανειακή απορροή. Η μεγαλύτερη ποσότητα του νερού που κατακρατείται και απορρέει επιφανειακά, εξατμίζεται και επιστρέφει στην ατμόσφαιρα. Το νερό που διηθείται διεισδύει πιο βαθιά να επαναφορτίσει το υπόγειο νερό το οποίο αργότερα είτε εμφανίζεται με μορφή πηγών ή καταλήγει στα ποτάμια και τελικά εκφορτίζεται στη θάλασσα ή εξατμίζεται στην ατμόσφαιρα καθώς ο κύκλος συνεχίζεται.

Οι συνιστώσες του υδρολογικού κύκλου διακρίνονται σε:

- ❖ Αποθηκεύσεις ή αποθέματα νερού στα υδάτινα σώματα, δηλαδή τις χερσαίες επιφανειακές εμφανίσεις νερού (π.χ. ποτάμια, λίμνες, ταμιευτήρες), τους υπόγειους υδροφορείς και τις θάλασσες, και
- ❖ Διακινήσεις νερού από ένα υδάτινο σώμα (ή και την ατμόσφαιρα) σε ένα άλλο.

Η ποσοτικοποίηση των παραπάνω συνιστωσών σε ένα δεδομένο όγκο αναφοράς (με καθορισμένα γεωμετρικά όρια) και η εφαρμογή της εξίσωσης διατήρησης της μάζας οδηγεί στην εξίσωση υδατικού ισοζυγίου. Σύμφωνα με αυτήν, σε οποιαδήποτε χρονικό διάστημα, το αλγεβρικό άθροισμα των διακινήσεων και των διαφορών αποθήκευσης στον όγκο αναφοράς είναι ίσο με μηδέν (Κουτσογιάννης Δ., Ξανθόπουλος Θ., 1997). Η εξίσωση συμβολικά γράφεται ως εξής:

$$\Delta S = I - O \quad (3.1)$$

όπου ΔS η διαφορά της αποθήκευσης νερού στον όγκο αναφοράς στη συγκεκριμένη χρονική περίοδο, και I και O οι συνολικές εισροές και εκροές, αντίστοιχα, προς και από τον όγκο αναφοράς για την ίδια περίοδο.

Κάθε όρος αναλύεται σε διάφορες συνιστώσες και η ανάλυση εξαρτάται πάντα από το συγκεκριμένο όγκο αναφοράς (π.χ. λεκάνη απορροής, υπόγειος υδροφόρεας, λίμνη, κτλ.).

Η συνηθέστερη χωρική κλίμακα για την εφαρμογή της εξίσωσης υδατικού ισοζυγίου είναι η λεκάνη απορροής (η επιφάνεια κάθε σημείο της οποίας απορρέει στην ίδια διατομή υδατορεύματος) η οποία αποτελεί ένα μέσο μετασχηματισμού των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων σε απορροή. Η χρονική κλίμακα που χρησιμοποιείται για την εφαρμογή του υδατικού ισοζυγίου, το χρονικό βήμα μελέτης δηλαδή, πρέπει να είναι καθορισμένη (ημερήσια, μηνιαία, ετήσια κλπ.).

4.2 Το μοντέλο Υδατικού Ισοζυγίου

4.2.1 Γενικά

Τις τελευταίες δεκαετίες στην επιστημονική περιοχή της διαχείρισης των υδατικών πόρων αναπτύχθηκαν και εφαρμόστηκαν διάφορα προγράμματα – μοντέλα προσομοίωσης των υδρολογικών μεταβλητών.

Τα μοντέλα προσομοίωσης αποτελούν ένα σύνολο υποθέσεων για τη λειτουργία των υδατικών συστημάτων, εκφρασμένων υπό μορφή μαθηματικών ή λογικών σχέσεων μεταξύ των αντικειμένων του συστήματος (και συνήθως κωδικοποιημένων σε πρόγραμμα υπολογιστή) (Κουτσογιάννης, 1999). Οι υδρολογικές μεταβλητές αποτελούν τις εισόδους ή εξόδους των μοντέλων.

Στα μοντέλα υδατικού ισοζυγίου οι εισοδοί είναι βροχομετρικά και μετεωρολογικά δεδομένα τα οποία συνήθως είναι διαθέσιμα στις λεκάνες απορροής. Οι εξοδοί των μοντέλων συνήθως είναι:

- Επιφανειακή απορροή
- Διακύμανση των αποθεμάτων εδαφικής υγρασίας και υπόγειου νερού
- Πραγματική εξατμισοδιαπνοή
- Ρυθμοί εκφόρτισης και επαναφόρτισης υπόγειων υδροφορέων.

Στην παρούσα εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε ως αρχική βάση ένα συγκεντρωτικό (lumped) μοντέλο υδατικού ισοζυγίου (Ναλμπάντης, 1992) που αναπτύχθηκε παλιότερα. Το μοντέλο μετατράπηκε σε κατανεμημένο (distributed) με τη χρήση Σ.Γ.Π., ενώ έγιναν και κάποιες απλοποιήσεις, για προσομοίωση σε μηνιαία βάση. Η λεκάνη απορροής έχει διαμεριστεί σε τετραγωνικά κύτταρα διάστασης 2 km. Οι εισοδοί και εξοδοί του μοντέλου είναι επίσης σε μορφή καννάβου ίδιας ισοδιάστασης με τη λεκάνη απορροής.

Τα μοντέλα βροχής – απορροής ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο υπολογίζουν την απορροή διακρίνονται σε συγκεντρωτικά και κατανεμημένα. Η διαφορά μεταξύ συγκεντρωτικού και κατανεμημένου συστήματος είναι ότι στο συγκεντρωτικό μοντέλο η απορροή υπολογίζεται ως συνάρτηση του χρόνου μόνο σε μια συγκεκριμένη θέση της περιοχής μελέτης. Στο κατανεμημένο σύστημα αντίθετα, η απορροή υπολογίζεται ως συνάρτηση χώρου και χρόνου σε όλη την έκταση της περιοχής μελέτης.

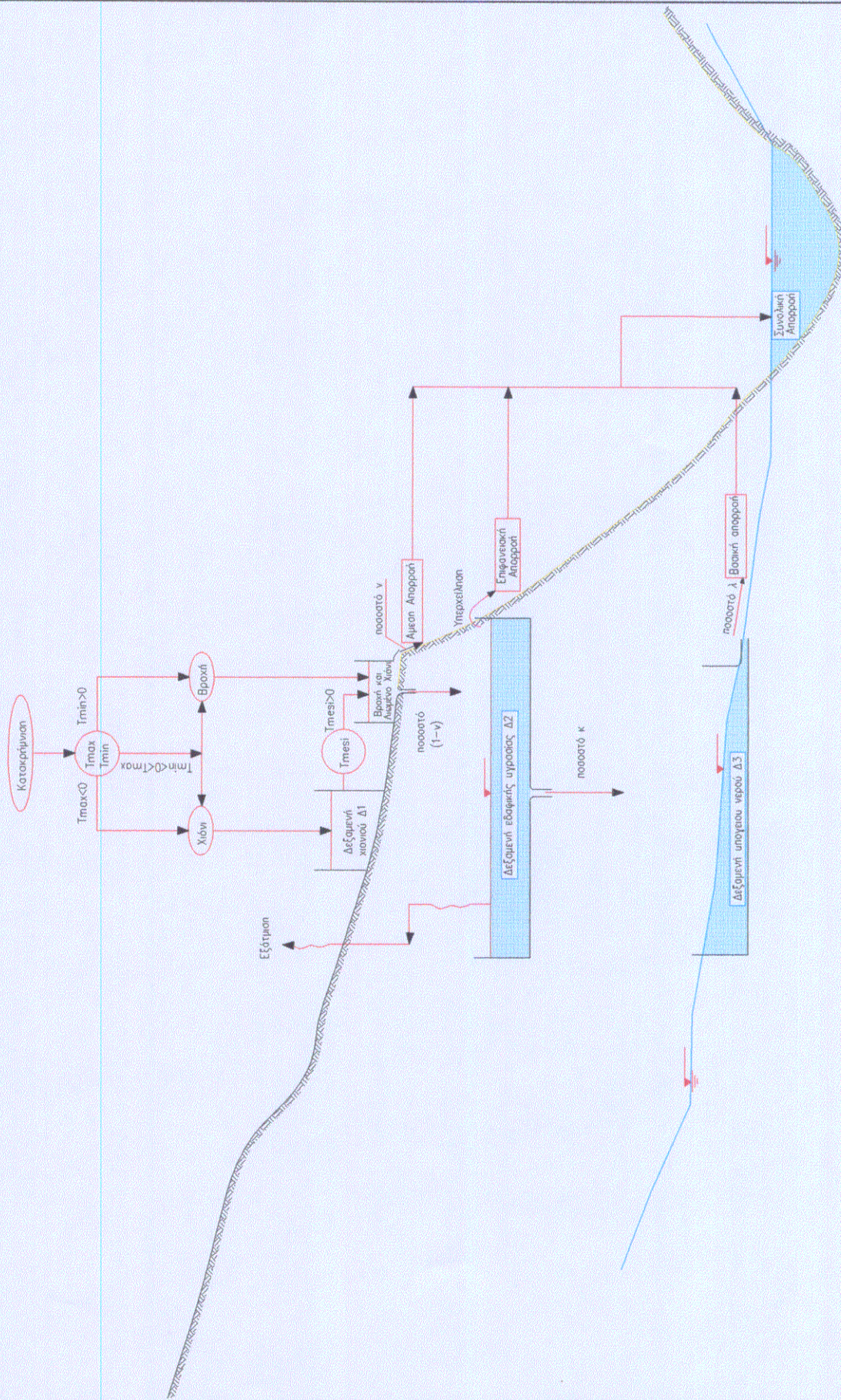
Στο μοντέλο της παρούσας εφαρμογής όλοι οι υπολογισμοί μεταξύ των μεταβλητών γίνονται για κάθε κύτταρο ξεχωριστά και επομένως αυτή η προσέγγιση του μοντέλου είναι κατανεμημένη.

4.2.2 Συνιστώσες και μεταβλητές του μοντέλου

Ο μετασχηματισμός της βροχής σε απορροή στην έξοδο της λεκάνης της περιοχής μελέτης, πραγματοποιείται με εφαρμογή διαδοχικών μετασχηματισμών της βροχόπτωσης μέσα σε ένα σύστημα διασυνδεδεμένων δεξαμενών. Κάθε δεξαμενή αναπαριστά και μια στοιχειώδη φυσική διεργασία που συμβαίνει κατά την πορεία του νερού μέσα στο φυσικό σύστημα της λεκάνης απορροής. Έτσι οι υδρολογικές μεταβλητές που περιγράφουν το φυσικό φαινόμενο θεωρούνται ότι ταυτίζονται είτε με τις εισόδους είτε με τις εξόδους ή ακόμη με τα αποθέματα των δεξαμενών του μοντέλου. Οι δεξαμενές που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.1 και περιγράφονται στη συνέχεια:

□ Δ1: Δεξαμενή συγκέντρωσης χιονιού

Είσοδος είναι η χιονόπτωση X_i κάθε μήνα, έξοδος είναι η ποσότητα νερού από την τήξη του χιονιού X_{melted} και απόθεμα το αποθηκευμένο νερό στη χιονοκάλυψη της λεκάνης Α. Κάθε κύτταρο του κανάβου που παριστάνει την λεκάνη απορροής περιλαμβάνει μια τέτοια δεξαμενή. Το μοντέλο επομένως διαχειρίζεται τις κατακρημνίσεις, το συσσωρευμένο χιόνι καθώς και την ποσότητα νερού από τήξη χιονιού χωριστά για κάθε κύτταρο.



Σχήμα 4.1: Σχηματική περιγραφή του μοντέλου Υδατικού Ισοζυγίου

□ *Δ2: Δεξαμενή εδαφικής υγρασίας*

Είσοδος είναι η ποσότητα RS που διηθείται στο έδαφος, δηλαδή η βροχόπτωση R_i και το λιωμένο χιόνι X_{melted} . Έξοδοι είναι η επιφανειακή απορροή ή αλλιώς η υπερχείλιση της δεξαμενής και η εκροή προς την επόμενη δεξαμενή του υπόγειου νερού. Η δεξαμενή υπερχειλίζει όταν το απόθεμα αυτής γίνει ίσο με τη χωρητικότητά της K και ταυτόχρονα η εισροή νερού από διείσδυση ξεπερνά την ποσότητα νερού που αφαιρείται λόγω εξατμοδιαπνοής. Το απόθεμα S της δεξαμενής αντιστοιχεί στην εδαφική υγρασία της ακόρεστης ζώνης του εδάφους ενώ η χωρητικότητα K της δεξαμενής είναι η μέγιστη αποθηκευτική ικανότητα του κάθε κυττάρου.

□ *Δ3: Δεξαμενή υπόγειου νερού*

Είσοδος είναι η εισροή μέρους του αποθέματος της δεξαμενής εδαφικής υγρασίας IG και έξοδος η εκροή μέρους του αποθέματος της δεξαμενής υπόγειου νερού QG προς το ποτάμι.

Στη συνέχεια περιγράφονται οι μεταβλητές εισόδου του μοντέλου. Όλες οι μεταβλητές εισάγονται στο μοντέλο με τη μορφή επιφανειών (καννάβων). Ο ακριβής τρόπος υπολογισμού των επιφανειών κάθε μεταβλητής αναφέρονται στο επόμενο κεφάλαιο. Οι μεταβλητές εισόδου είναι οι εξής:

➤ *Επιφανειακή κατακρήμνιση P*

Ο υπολογισμός των επιφανειών κατακρήμνισης στη λεκάνη απορροής γίνεται από τις σημειακές μετρήσεις βροχόπτωσης στους σταθμούς της λεκάνης με τη μέθοδο επιφανειακής ολοκλήρωσης Kriging. Για κάθε μήνα υπολογίζεται μια επιφάνεια κατακρήμνισης σε mm.

➤ *Δυνητική εξατμοδιαπνοή Ep*

Το μέγεθος αυτό υπολογίζεται με τη μέθοδο Penman που βασίζεται σε μετεωρολογικά δεδομένα. Η μέθοδος Penman κανονικά χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της εξάτμισης από υδάτινη επιφάνεια, αλλά έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως και σε εδαφικές επιφάνειες δίνοντας ικανοποιητικά αποτελέσματα. Τα απαραίτητα μετεωρολογικά δεδομένα είναι η μέση θερμοκρασία αέρα, η σχετική υγρασία, η ταχύτητα ανέμου και η ηλιοφάνεια. Για κάθε μήνα υπολογίζεται μια επιφάνεια δυνητικής εξατμοδιαπνοής σε mm.

➤ *Μέση θερμοκρασία Tm*

Η μεταβλητή αυτή υπολογίζεται με την αναγωγή των μέσων θερμοκρασιών που καταγράφηκαν στους σταθμούς της περιοχής, στο υψόμετρο κάθε κυττάρου της

επιφάνειας υψομέτρου της λεκάνης. Η αναγωγή έγινε χρησιμοποιώντας κατάλληλη τιμή θερμοβαθμίδας. Με τον όρο θερμοβαθμίδα εννοούμε το ρυθμό μεταβολής της θερμοκρασίας με το υψόμετρο, η οποία μεταβάλλεται γεωγραφικά και εποχιακά. Οι μηνιαίες επιφάνειες μέσης θερμοκρασίες είναι σε $^{\circ}\text{C}$.

➤ *Ελάχιστη μέση ημερήσια θερμοκρασία $T_{\min}$*

Το μέγεθος αυτό είναι η μέση θερμοκρασία της ημέρας με την ελάχιστη τιμή μέσα στο μήνα σε $^{\circ}\text{C}$ και υπολογίζεται με αναγωγή με κατάλληλη τιμή θερμοβαθμίδας.

➤ *Μέγιστη μέση ημερήσια θερμοκρασία $T_{\max}$*

Πρόκειται για τη μέση θερμοκρασία της ημέρας με τη μέγιστη τιμή μέσα στο μήνα σε $^{\circ}\text{C}$ με αναγωγή με κατάλληλη τιμή θερμοβαθμίδας.

Οι μεταβλητές που δίνει το μοντέλο, οι μεταβλητές εξόδου, είναι και αυτές σε μορφή επιφανειών σε mm και είναι:

- *Απόθεμα δεξαμενής εδαφικής υγρασίας S*
- *Απόθεμα δεξαμενής υπόγειου νερού G*
- *Πραγματική εξατμοδιαπνοή RE*
- *Συνολική απορροή Q*

4.2.3 Παράμετροι του μοντέλου

Οι παράμετροι του μοντέλου ρυθμίστηκαν ώστε τα αποτελέσματα να είναι όσο το δυνατό πιο κοντά στις παρατηρημένες τιμές των μεταβλητών. Έγινε προσπάθεια να χρησιμοποιηθούν όσο το δυνατόν λιγότερες παράμετροι (φειδωλή χρήση παραμέτρων – parsimony of parameters) ώστε να είναι σχετικά εύκολη η βαθμονόμησή του. Παράλληλα, όλες οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν έχουν φυσικό νόημα. Οι παράμετροι που υπεισέρχονται στο μοντέλο είναι οι εξής:

- *Ποσοστό αδιαπέρατης επιφάνειας ν , το οποίο εκφράζει το ποσοστό της βροχόπτωσης (και του λιωμένου χιονιού) που μετατρέπεται σε απορροή μέσα στο μήνα χωρίς να υπόκειται σε εξάτμιση ούτε να διεισδύει στο έδαφος.*
- *Χωρητικότητα δεξαμενής εδαφικής υγρασίας K , η οποία εκφράζεται σε mm ύψους νερού.*
- *Συντελεστής στείρευσης εδαφικής υγρασίας κ , ο οποίος εκφράζει το ποσοστό της δεξαμενής εδαφικής υγρασίας το οποίο διακινείται ανά μήνα προς τη δεξαμενή υπόγειου νερού.*

- Συντελεστής στείρευσης υπόγειου νερού λ , ο οποίος εκφράζει το ποσοστό του αποθέματος υπόγειου νερού που απορρέει ως βασική απορροή κατά τη διάρκεια του μήνα.

4.2.4 Περιγραφή της λειτουργίας του μοντέλου

Για τη λειτουργία του μοντέλου, σε κάθε χρονικό βήμα i (ένας μήνας) θεωρείται γνωστή η συνολική κατακρήμνιση P_i και η δυνητική εξατμοδιαπνοή PE_i , καθώς και η αποθήκευση των δεξαμενών χιονιού X_{i-1} , εδαφικής υγρασίας S_{i-1} και υπόγειου νερού G_{i-1} στο τέλος του προηγούμενου μήνα.

Η συνολική κατακρήμνιση P_i επιμερίζεται σε βροχόπτωση R_i και χιονόπτωση (σε ισοδύναμο ύψος νερού) X_i . Ο επιμερισμός αυτός γίνεται με βάση την ελάχιστη μέση ημερήσια θερμοκρασία T_{min_i} και την μέγιστη μέση ημερήσια θερμοκρασία T_{max_i} κάθε κυττάρου της λεκάνης για κάθε μήνα.

Η χιονόπτωση X_i , τους μήνες που υπάρχει, αποθηκεύεται στη δεξαμενή συγκέντρωσης χιονιού $\Delta 1$. Αν η μέση θερμοκρασία του μήνα T_{m_i} είναι μεγαλύτερη από 0°C , μια ποσότητα του συσσωρευμένου χιονιού τήκεται και προστίθεται στη βροχόπτωση και επομένως στην ποσότητα του νερού που φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους. Γίνεται η παραδοχή πως τους μήνες που έχουμε χιονόπτωση δεν έχουμε ταυτόχρονα και τήξη χιονιού και επομένως η τήξη του χιονιού ξεκινάει το μήνα μετά την τελευταία χιονόπτωση.

Αρχικά ένα ποσοστό ν της συνολικής βροχόπτωσης μετατρέπεται άμεσα σε απορροή. Η υπόλοιπη ποσότητα, στη συνέχεια, συγκρίνεται με τη δυνητική εξατμοδιαπνοή.

Σε μήνες που η συνολική βροχόπτωση είναι μεγαλύτερη από τη δυνητική εξατμοδιαπνοή ($P_i > PE_i$), η πραγματική εξατμοδιαπνοή ταυτίζεται με τη δυνητική. Το περίσσειμα βροχής ($P_i - PE_i$) αποθηκεύεται στη δεξαμενή εδαφικής υγρασίας $\Delta 2$ μέχρι να κορεστεί το έδαφος και στη συνέχεια η ποσότητα που δεν μπορεί να αποθηκευτεί απορρέει επιφανειακά. Η εξάτμιση της δεξαμενής εδάφους στην περίπτωση αυτή είναι μηδενική.

Σε μήνες που η δυνητική εξατμοδιαπνοή είναι μεγαλύτερη από τη συνολική βροχόπτωση ($P_i < PE_i$), η πραγματική εξατμοδιαπνοή είναι μικρότερη από τη δυνητική. Συγκεκριμένα, θεωρείται ότι όλη η ποσότητα της βροχόπτωσης εξατμίζεται και επιπλέον εξατμίζεται μέρος της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, εφόσον υπάρχει. Αν η επιπλέον ποσότητα της εξάτμισης ξεπερνά το εδαφικό απόθεμα τότε ταυτίζεται με αυτό και στην περίπτωση αυτή δεν υπάρχει περίσσειμα βροχής για τη δεξαμενή εδάφους. Επιπλέον, η επιφανειακή απορροή είναι μηδενική.

Η δεξαμενή υπόγειου νερού Δ3 τροφοδοτείται από τη δεξαμενή εδάφους Δ2 με ποσότητα ανάλογη (συντελεστής αναλογίας κ) του αποθηκευμένου νερού. Το τελικό απόθεμα της δεξαμενής Δ2 στο τέλος του μήνα προκύπτει αφού αφαιρεθεί και η ποσότητα που εισρέει στη Δ3.

Η δεξαμενή Δ3 δίνει μια ποσότητα ανάλογη του αποθέματός της προς το ποτάμι με συντελεστή αναλογίας λ (βασική ροή). Το τελικό απόθεμα της Δ3 στο τέλος του μήνα προκύπτει με την πρόσθεση της εισροής από την προηγούμενη δεξαμενή Δ2 και την αφαίρεση της βασικής ροής.

Η τελική απορροή στην έξοδο υπολογίζεται με την πρόσθεση της άμεσης απορροής, της επιφανειακής και της βασικής ροής.

4.2.5 Αλγόριθμος του μοντέλου

Η αλγοριθμοποίηση της λειτουργίας του μοντέλου γίνεται με τον τρόπο που ακολουθεί:

Μεταβλητές

QD: Άμεση απορροή

R: Βροχόπτωση

MX: Λιωμένο χιόνι

v: Συντελεστής άμεσης απορροής

P: Ποσότητα βροχόπτωσης προς το έδαφος

PE: Δυνητική εξατμοδιαπνοή

RE: Πραγματική εξατμοδιαπνοή

RS: Ποσότητα νερού που διηθείται στο έδαφος

EVS: Εξατμοδιαπνοή δεξαμενής εδαφικής υγρασίας

S: Απόθεμα δεξαμενής εδαφικής υγρασίας

K: Χωρητικότητα δεξαμενής εδαφικής υγρασίας

QS: Επιφανειακή απορροή

IG: Εισροή στη δεξαμενή υπόγειου νερού από τη δεξαμενή εδαφικής υγρασίας

FS: Τελικό απόθεμα δεξαμενής εδαφικής υγρασίας

κ: Συντελεστής στείρευσης εδαφικής υγρασίας

G: Απόθεμα δεξαμενής υπόγειου νερού

QG: Εκροή δεξαμενής υπόγειου νερού προς το ποτάμι

λ: Συντελεστής στείρευσης υπόγειου νερού

FG: Τελικό απόθεμα δεξαμενής υπόγειου νερού

Q: Συνολική απορροή

Αρχικές συνθήκες

So: αρχικό απόθεμα δεξαμενής εδαφικής υγρασίας

Go: αρχικό απόθεμα δεξαμενής υπόγειου νερού

Εξισώσεις για τον προσδιορισμό των μεταβλητών για τον επόμενο μήνα

1) $QD = v \cdot (R + MX)$

2) $P = (1 - v) \cdot (R + MX)$

3) *If* $P \geq PE$ *Then*

$RE = PE$

$RS = P - PE$

$EVS = 0$

Else

$EVS = (PE - P) \cdot (So / K)$

If $EVS > So$ *Then*

$EVS = So$

$RS = 0$

$RE = P + EVS$

4) $S = So + RS - EVS$

If $S > K$ *Then*

$QS = S - K$

$S = K$

Else

$QS = 0$

5) $IG = \kappa \cdot S$

6) $FS = (1 - \kappa) \cdot S$

7) $G = Go + IG$

8) $QG = \lambda \cdot G$

9) $FG = (1 - \lambda) \cdot G$

$$10) FQ=QD+QS+QG$$

4.2.6 Βαθμονόμηση του μοντέλου

Η εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου πραγματοποιείται με βάση τις τιμές της μέσης μηνιαίας παροχής που έχουν εκτιμηθεί από ισοζύγιο στον ταμιευτήρα των Κρεμαστών, στην έξοδο της λεκάνης. Το δείγμα των παροχών ανήκει στην περίοδο από τον Οκτώβριο 1980 έως τον Ιούνιο 1988 (Παράρτημα 1).

Η μεθοδολογία και το πρόγραμμα με το οποίο πραγματοποιήθηκε η βαθμονόμηση του μοντέλου αναφέρεται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ Σ.Γ.Π.



5.1 Περιοχή Μελέτης

5.1.1 Γενικά

Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε στην υδρολογική λεκάνη του ποταμού Αχελώου ανάντη της θέσης Φράγματος Κρεμαστών που καταλαμβάνει το βορειοδυτικό μέρος του διαμερίσματος της Δυτικής Στερεάς Ελλάδας και βρίσκεται νοτιοδυτικά της Θεσσαλίας. Στην περιοχή μελέτης δεν περιλαμβάνεται η έκταση της τεχνητής λίμνης των Κρεμαστών ούτε το κομμάτι της λεκάνης ανάντη του ταμιευτήρα Πλαστήρα.

Η συγκεκριμένη λεκάνη έχει έκταση 3424 km² και περιλαμβάνει πολλές υπολεκάνες ενώ χαρακτηρίζεται από έντονο ανάγλυφο. Το μέσο υψόμετρο είναι 1377 m, πρόκειται δηλαδή για ορεινή λεκάνη με πολλές βροχοπτώσεις και χιονοπτώσεις και με σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες. Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής είναι ιδιαίτερα πυκνό εφόσον πρόκειται για λεκάνη με έντονο ανάγλυφο και πολλά ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.

Στο Χάρτη 5.2 παρουσιάζονται το ψηφιακό μοντέλο εδάφους και το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης

5.1.2 Γεωλογία

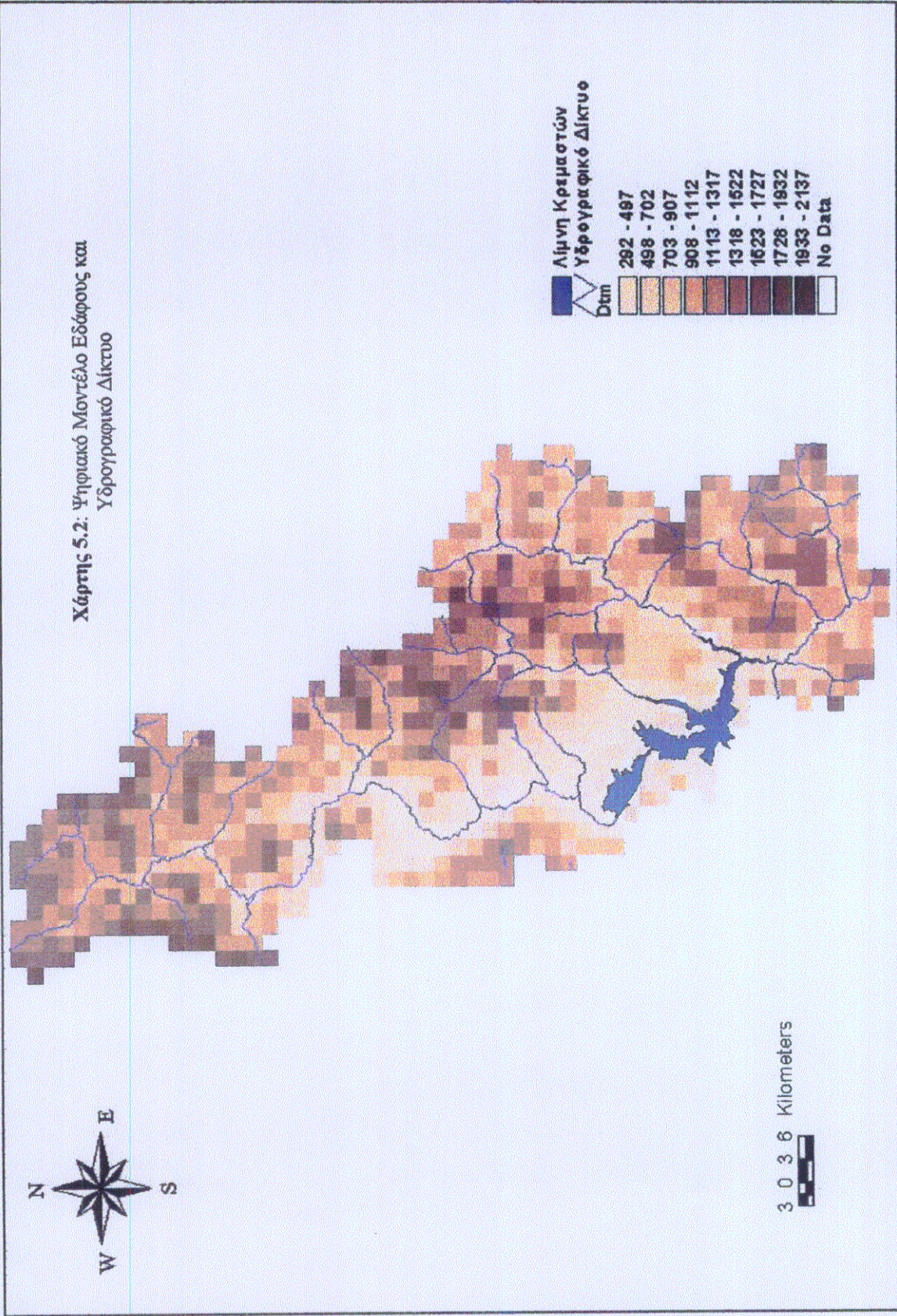
Η περιοχή μελέτης από γεωμορφολογικής πλευράς ανήκει στην ορεινή ζώνη της Πίνδου, η οποία περιλαμβάνει την οροσειρά των Αγράφων. Η γεωλογία της περιοχής δεν είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη και περιλαμβάνει τρεις κύριους σχηματισμούς (βλέπε Χάρτη 5.3) που περιγράφονται στη συνέχεια.

Η μεγαλύτερη έκταση της λεκάνης αποτελείται από ασβεστόλιθους και μάρμαρα σε περιορισμένη ανάπτυξη με κυμαινόμενη υδροπερατότητα. Η καρστικοποίηση του σχηματισμού αυτού δεν είναι εκτεταμένη, λόγω των εναλλαγών με ημιπερατούς και αδιαπέρατους σχηματισμούς όπως σχιστόλιθος και φλύσχης, με αποτέλεσμα η ροή του υπόγειου νερού να ελέγχεται από τις παρεμβολές των αδιαπέρατων σχηματισμών.

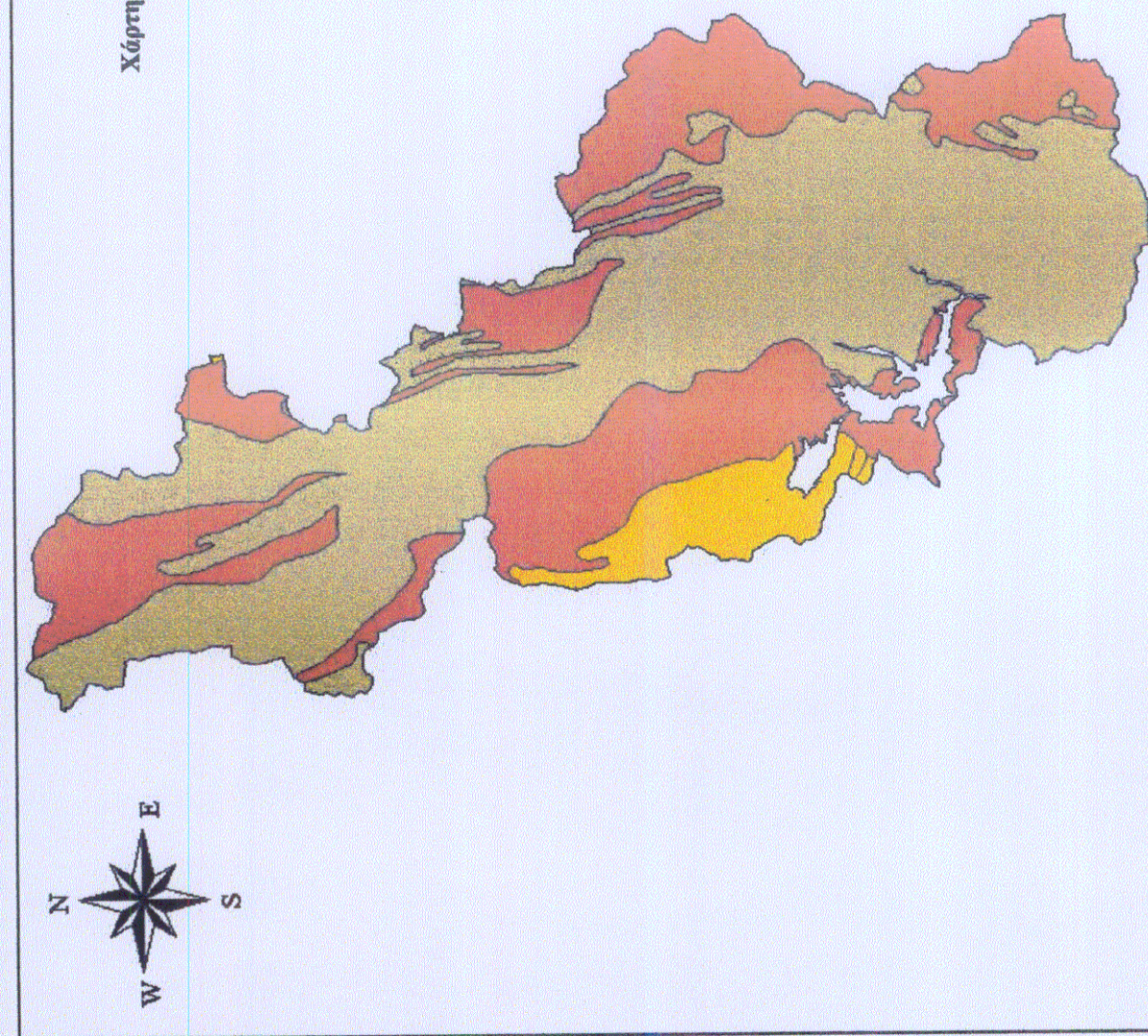
Ο δεύτερος σχηματισμός, που χαρακτηρίζει τη λεκάνη σε όλο το μήκος του ανατολικού συνόρου της καθώς και με κάποιες γλώσσες μέσα στον ασβεστόλιθο, είναι ο φλύσχης. Ο φλύσχης είναι γενικά αδιαπέρατος σχηματισμός και ειδικότερα όπου επικρατούν ψαμμίτες και κροκαλοπαγή, εμφανίζει μικρή υδροπερατότητα με αποτέλεσμα την ανάπτυξη περιορισμένης έκτασης υδροφορέων.

Τέλος, σε ένα μικρό κομμάτι, κεντροδυτικά της λεκάνης, υπάρχει ασβεστόλιθος και μάρμαρο με έντονη καρστικοποίηση. Η έντονη τεκτονική καταπόνηση, η λιθολογική σύσταση και η στρωματογραφική δομή του σχηματισμού αυτού συντελεί στην ανάπτυξη

Χάρτης 5.2: Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους και
Υδρογραφικό Δίκτυο



Χάρτης 5.3: Γεωλογικοί σχηματισμοί
περιοχής μελέτης



Geology
Φλύσχος
Καρστικοποιημένος Ασβεστόλιθος
Ασβεστόλιθος

ρωγμών και ασυνεχειών με αποτέλεσμα η υδροπερατότητά τους να κυμαίνεται από μέτρια ως υψηλή. Στην περιοχή μελέτης ο σχηματισμός αυτός βρίσκεται σε πολύ περιορισμένη έκταση ώστε να μην δημιουργούνται ιδιαίτερα προβλήματα διαφυγών.

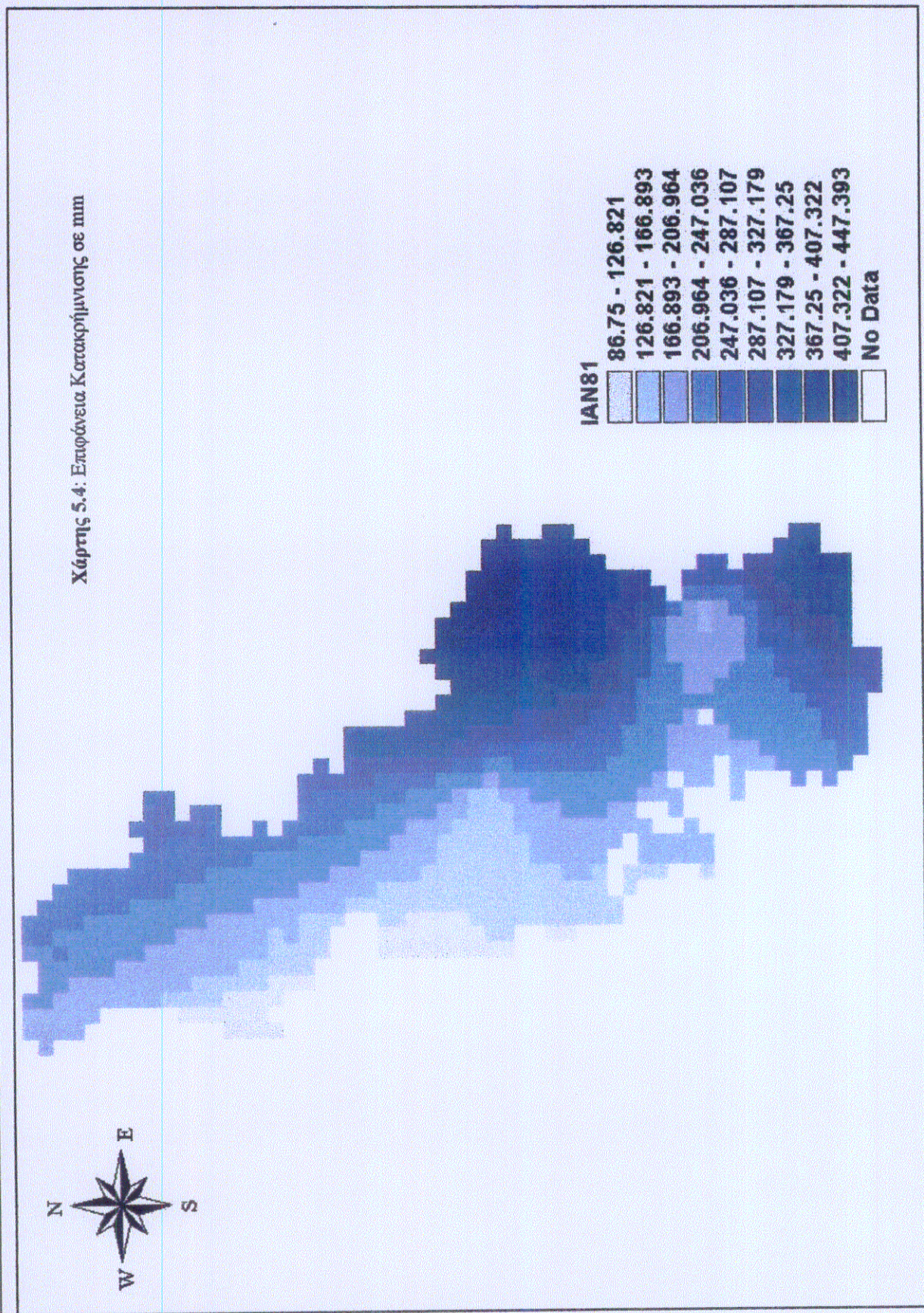
5.2 Περιγραφή Κατασκευής Επιφανειών των Μεταβλητών

5.2.1 Επιφάνειες κατακρήμνισης

Τα δεδομένα των βροχομετρικών σταθμών της περιοχής μελέτης ήταν απαραίτητα για τη δημιουργία των επιφανειών κατακρήμνισης. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν οι σταθμοί του Πίνακα 2.1 και τα δεδομένα του Πίνακα 2 του Παραρτήματος 1.

Αρχικά δημιουργήθηκε ένας πίνακας με τις κατακρημνίσεις ανά μήνα και έτος για κάθε σταθμό, στο πρόγραμμα Excel, και στη συνέχεια έγινε εισαγωγή του πίνακα στο περιβάλλον του ARCVIEW με κατάλληλο υποπρόγραμμα στη γλώσσα AVENUE (βλέπε Script_3, Παράρτημα 2). Έτσι δημιουργήθηκε ένα επίπεδο πληροφορίας (coverage) που περιείχε τις θέσεις των σταθμών και τις κατακρημνίσεις κάθε μήνα και έτους, αντίστοιχα για κάθε σταθμό. Η επιφανειακή ολοκλήρωση των μετρήσεων και η δημιουργία των επιφανειών έγινε για όλους τους μήνες (93 μήνες) με κατάλληλο πρόγραμμα στο οποίο χρησιμοποιείται η μέθοδος Kriging (βλέπε Script_8, Παράρτημα 2). Από το πρόγραμμα ρυθμίζεται η ισοδιάσταση των επιφανειών-καννάβων η οποία ορίστηκε, όπως έχει προαναφερθεί, 2x2 km. Στο Χάρτη 5.4 παρουσιάζεται μια ενδεικτική επιφάνεια κατακρήμνισης.

Χάρτης 5.4: Επιφάνεια Κατακρήμνισης σε mm



5.2.2 Επιφάνειες βροχόπτωσης - χιονόπτωσης

Οι κάνναβοι βροχόπτωσης και χιονόπτωσης προκύπτουν με επιμερισμό των καννάβων συνολικής κατακρήμνισης. Ο επιμερισμός γίνεται με βάση τη μέγιστη και την ελάχιστη μέση μηνιαία θερμοκρασία και τη χωρική κατανομή τους στην επιφάνεια της λεκάνης απορροής.

Έτσι, στα κύτταρα της λεκάνης που η μέγιστη μέση μηνιαία θερμοκρασία είναι μικρότερη των 0°C θεωρούμε ότι όλη η κατακρήμνιση είναι χιόνι ενώ στα κύτταρα που η ελάχιστη μέση μηνιαία θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη ή ίση των 0°C θεωρούμε ότι όλη η κατακρήμνιση είναι βροχή. Υπάρχουν όμως και κύτταρα στα οποία έχουμε ταυτόχρονα βροχή και χιόνι. Η συνθήκη η οποία ισχύει σε αυτή την περίπτωση είναι ελάχιστη μέση μηνιαία θερμοκρασία μικρότερη από 0°C και μέγιστη μέση μηνιαία θερμοκρασία μεγαλύτερη ή ίση από 0°C . Το ποσοστό της κατακρήμνισης που γίνεται χιόνι καθορίζεται από έναν συντελεστή χιονιού, ο οποίος υπολογίζεται με βάση τις παραπάνω θερμοκρασίες ενώ το υπόλοιπο ποσοστό της κατακρήμνισης είναι βροχή. Η παραπάνω μεθοδολογία κωδικοποιείται ως εξής:

i) Αν $T_{(\min)i} \geq 0^{\circ}\text{C}$ τότε $X_i = 0$ και $R_i = P_i$

ii) Αν $T_{(\max)i} < 0^{\circ}\text{C}$ τότε $X_i = P_i$ και $R_i = 0$

iii) Αν $T_{(\min)i} < 0^{\circ}\text{C}$ και $T_{(\max)i} \geq 0^{\circ}\text{C}$ τότε

$$\text{Συντελεστής χιονιού } SC_i = \frac{T_{(\min)i}}{T_{(\max)i} - T_{(\min)i}} \quad (5.1)$$

$$X_i = SC_i * P_i \text{ και } R_i = (1 - SC_i) * P_i \quad (5.2)$$

όπου X_i , R_i , P_i η χιονόπτωση, βροχόπτωση και κατακρήμνιση στο κύτταρο i , αντίστοιχα.

Για την εφαρμογή της παραπάνω μεθόδου δημιουργήθηκαν, αρχικά, κάνναβοι μέγιστης και ελάχιστης μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των καννάβων είναι οι μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες του σταθμού Αγρίνιο και το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της λεκάνης.

Στο πρόγραμμα Excel δημιουργήθηκαν ο πίνακας με τις μέγιστες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες και ένας δεύτερος πίνακας με τις ελάχιστες μέσες μηνιαίες. Οι πίνακες αυτοί στη συνέχεια εισήχθησαν στο περιβάλλον ARCVIEW με το υποπρόγραμμα Script_3 (βλέπε Παράρτημα 2).

Επειδή τα διαθέσιμα δεδομένα ήταν ελάχιστα, η υψομετρική αναγωγή των μετρήσεων των παραπάνω θερμοκρασιών στο υψόμετρο κάθε κυττάρου της λεκάνης έγινε με τη χρήση θερμοβαθμίδων της περιοχής. Έτσι η αναγωγή των μέσων μεγίστων θερμοκρασιών έγινε με θερμοβαθμίδα 0.007 °C/m και η αναγωγή των μέσων ελαχίστων με θερμοβαθμίδα 0.003 °C/m. Ο τύπος που χρησιμοποιήθηκε είναι ο εξής (Κουτσογιάννης, 1997):

$$T_{(max)i} = T_{\Sigma} - c * (H_{cell} - H_{\Sigma}) \quad (5.3)$$

όπου $T_{(max)i}$ η μέγιστη μέση μηνιαία θερμοκρασία στο υψόμετρο κάθε κυττάρου της λεκάνης

T_{Σ} η μέγιστη μέση μηνιαία θερμοκρασία στο υψόμετρο του σταθμού

H_{cell} το υψόμετρο κάθε κυττάρου της λεκάνης

H_{Σ} το υψόμετρο του σταθμού

c η θερμοβαθμίδα

Σημειώνεται ότι ο ίδιος τύπος (4) ισχύει και στην περίπτωση των ελαχίστων μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών.

Οι επιφάνειες των θερμοκρασιών προκύπτουν με την εφαρμογή του τελευταίου τύπου στον κάνναβο του ψηφιακού μοντέλου εδάφους της λεκάνης. Τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία των 93 καννάβων μεγίστων μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών και των 93 ελαχίστων παρουσιάζονται στο Παράρτημα 2 (Script_12 και Script_13).

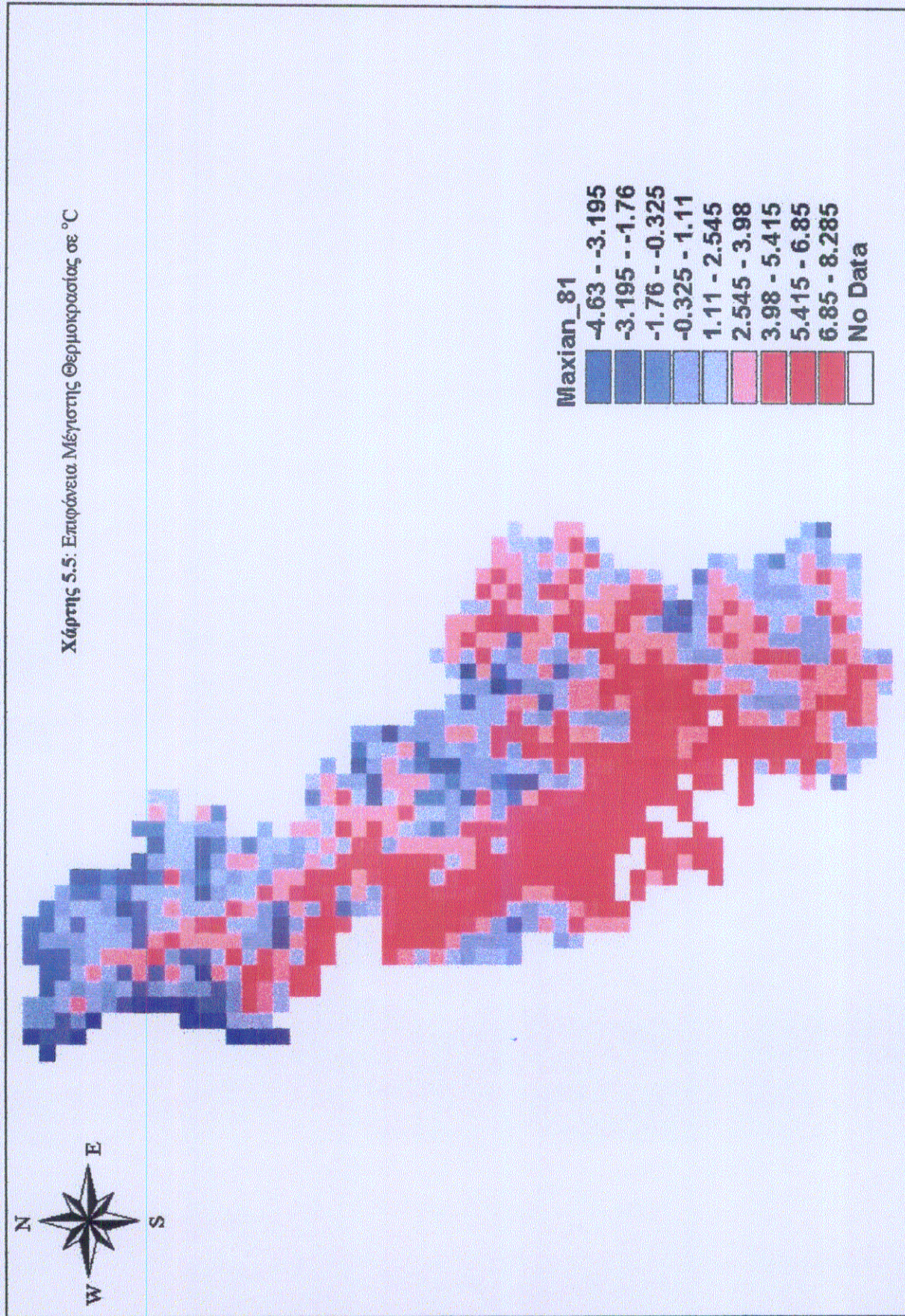
Οι συντελεστές χιονιού αποτέλεσαν μία νέα ομάδα επιφανειών οι οποίες δημιουργήθηκαν με εφαρμογή των περιπτώσεων της μεθοδολογίας που περιγράφηκε αναλυτικά παραπάνω. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση (i) ο συντελεστής χιονιού είναι μηδενικός δηλαδή κάνναβος με τιμή 0, στην περίπτωση (ii) ο συντελεστής είναι μονάδα και επομένως κάνναβος με τιμή 1 και τέλος στην περίπτωση (iii) ο συντελεστής δίνεται από την εφαρμογή του τύπου (3). Ο υπολογισμός των καννάβων έγινε με κατάλληλο πρόγραμμα το οποίο παρατίθεται στο Παράρτημα 2 (Script_14). Οι μήνες που ανήκουν στην περίπτωση (iii) είναι οι μήνες στους οποίους έχουμε ταυτόχρονα βροχή και χιόνι σε ορισμένα κύτταρα της λεκάνης απορροής. Στην τελευταία περίπτωση ανήκουν 31 μήνες στο σύνολο των 93 μηνών.

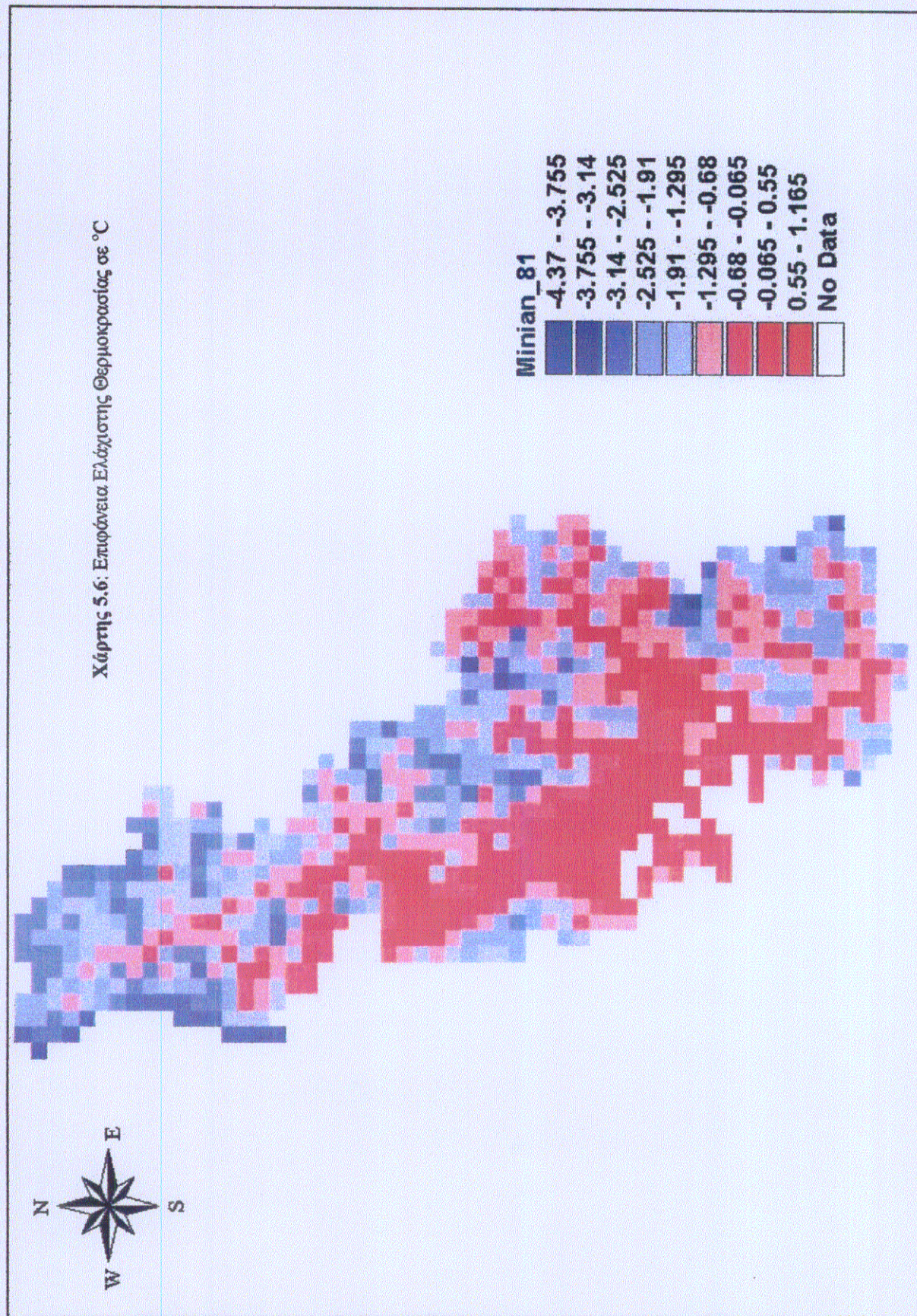
Για τον τελικό υπολογισμό των 31 επιφανειών βροχόπτωσης και 31 επιφανειών χιονόπτωσης υπολογίστηκαν ενδιάμεσοι βοηθητικοί κάρναβοι με την ανάπτυξη κατάλληλων υποπρογραμμάτων.

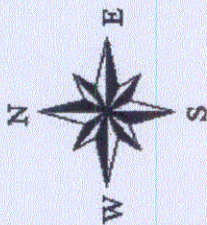
Αρχικά κατασκευάστηκαν βοηθητικοί κάρναβοι οι οποίοι προέκυψαν από την εφαρμογή των συνθηκών (i), (ii) και (iii) στις επιφάνειες μέγιστης μέσης μηνιαίας και ελάχιστης μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας. Οι κάρναβοι αυτοί κάνουν διαχωρισμό των κυττάρων της λεκάνης απορροής σε κύτταρα που δίνουν μόνο βροχή δίνοντάς τους τιμή 1, σε κύτταρα που δίνουν μόνο χιόνι δίνοντάς τους τιμή -1 και σε κύτταρα με βροχή και χιόνι ταυτόχρονα τα οποία παίρνουν την τιμή 0. Το υποπρόγραμμα που υπολογίζει τους παραπάνω καννάβους είναι το Script_15.

Ακολούθως υπολογίστηκαν βοηθητικοί κάρναβοι που περιέχουν τα κύτταρα της λεκάνης που δίνουν μόνο χιόνι και τα κύτταρα με χιόνι και βροχή ταυτόχρονα (βλέπε Script_16). Στη συνέχεια με πολλαπλασιασμό των καννάβων του Script_16 με τους καννάβους κατακρήμνισης, των αντίστοιχων μηνών, προκύπτουν κάρναβοι που περιέχουν τις τιμές του χιονιού στα κύτταρα που περιέχουν μόνο χιόνι (Script_17). Για να υπολογιστούν οι τιμές του χιονιού και στα κύτταρα βροχής - χιονιού χρειαζόμαστε μια επιφάνεια που να περιέχει μόνο τα κύτταρα αυτά. Πράγματι, ο διαχωρισμός αυτός πραγματοποιείται με τη βοήθεια του υποπρογράμματος Script_18 και στη συνέχεια με πολλαπλασιασμό των επιφανειών αυτών με τους καννάβους κατακρήμνισης και συντελεστών χιονιού προκύπτουν οι τιμές χιονιού στα κύτταρα βροχής - χιονιού (Script_19). Με τη διαδικασία αυτή έχουμε δημιουργήσει δύο συμπληρωματικές επιφάνειες με τις τιμές του χιονιού που η ένωσή τους μας δίνει την τελική επιφάνεια χιονόπτωσης. Η ένωση αυτή πραγματοποιείται με κατάλληλη εντολή της γλώσσας AVENUE στο πρόγραμμα Script_20.

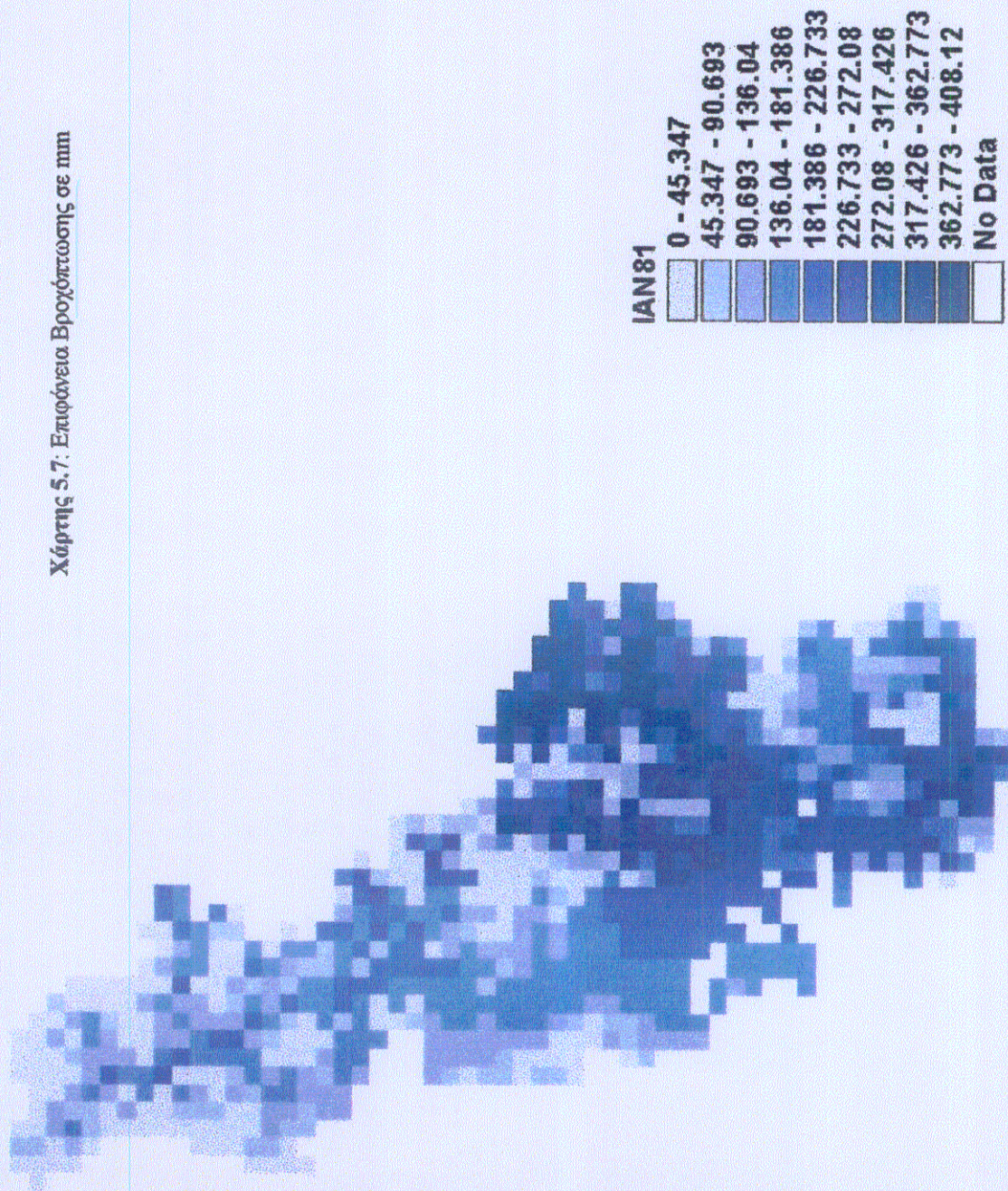
Ανάλογη είναι και η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη δημιουργία των 31 επιφανειών βροχόπτωσης. Δηλαδή και σ' αυτήν την περίπτωση δημιουργούνται δύο συμπληρωματικές επιφάνειες που η πρώτη περιέχει τις τιμές βροχής στα κύτταρα με μόνο βροχή και η δεύτερη περιέχει τις τιμές βροχής στα κύτταρα βροχής - χιονιού. Δημιουργούνται οι κάρναβοι που περιέχουν τα κύτταρα με μόνο βροχή, τα οποία παίρνουν την τιμή 1 (Script_21). Στη συνέχεια υπολογίζονται οι επιφάνειες με τις τιμές βροχής στα κύτταρα βροχής - χιονιού με πολλαπλασιασμό των επιφανειών κατακρήμνισης επί τις επιφάνειες συντελεστών χιονιού και επί των ήδη κατασκευασμένων καννάβων με τα κύτταρα βροχής - χιονιού με τη βοήθεια του υποπρογράμματος Script_22. Σημειώνεται εδώ ότι πριν γίνει ο πολλαπλασιασμός στο πρόγραμμα Script_22, οι κάρναβοι των συντελεστών χιονιού αφαιρούνται από κάρναβο με τιμή κυττάρων 1 ώστε οι τιμές βροχής που θα προκύψουν να







Χάρτης 5.7: Επιφάνεια Βροχόπτωσης σε mm





έχουν πολλαπλασιαστεί με το υπόλοιπο ποσοστό της κατακρήμνισης. Τέλος, με την εφαρμογή του προγράμματος Script_23 υπολογίζονται και οι επιφάνειες με τις τιμές βροχής στα κύτταρα βροχής μόνο, γίνεται η ένωση των συμπληρωματικών επιφανειών και προκύπτουν οι τελικές επιφάνειες βροχόπτωσης.

Επισημαίνεται ότι στους μήνες όπου οι συντελεστές χιονιού έχουν τιμή 0 οι επιφάνειες βροχόπτωσης συμπίπτουν με τις επιφάνειες κατακρήμνισης ενώ στους μήνες με συντελεστές χιονιού 1 οι επιφάνειες χιονόπτωσης συμπίπτουν με τις επιφάνειες κατακρήμνισης (η τελευταία περίπτωση δεν συναντήθηκε στη συγκεκριμένη λεκάνη).

Σημειώνεται ότι η παραπάνω διαδικασία υπολογισμού των καννάβων είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη εξαιτίας των αδυναμιών που παρουσιάζει η γλώσσα AVENUE (βλέπε Κεφ. 3).

Στους Χάρτες 5.7 και 5.8 παρουσιάζονται ενδεικτικές επιφάνειες βροχόπτωσης και χιονόπτωσης αντίστοιχα.

5.2.3 Επιφάνειες δυνητικής εξατμοδιαπνοής

Η μέθοδος υπολογισμού που επιλέχθηκε για την εκτίμηση της δυνητικής εξατμοδιαπνοής είναι η μέθοδος Penman. Τα δεδομένα που είναι απαραίτητα για την εφαρμογή της μεθόδου είναι η μέση θερμοκρασία αέρα, η σχετική υγρασία, η ηλιοφάνεια και η ταχύτητα ανέμου. Τα δεδομένα αυτά ήταν διαθέσιμα μόνο στο σταθμό Κρεμαστά και γι' αυτό στη συνέχεια οι επιφάνειες δεν υπολογίζονται με επιφανειακή ολοκλήρωση αλλά με υψομετρική και θερμοκρασιακή αναγωγή στην επιφάνεια της λεκάνης απορροής.

Ο υπολογισμός της δυνητικής εξατμοδιαπνοής στο σταθμό Κρεμαστά έγινε σε 11 στάθμες υψομέτρου, ανά 100 m ξεκινώντας από υψόμετρο 0 έως 1000 m με σταθερή θερμοβαθμίδα 0,006 °C/m, με σκοπό να παραχθεί στη συνέχεια μία σχέση εξατμοδιαπνοής–υψομέτρου–θερμοκρασίας. Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε στο πρόγραμμα Excel. Έτσι, με δεδομένα τη μέση θερμοκρασία κάθε μήνα και τις τιμές της εξατμοδιαπνοής στις 11 στάθμες για κάθε υδρολογικό έτος, έγινε γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή την εξατμοδιαπνοή και ανεξάρτητες το υψόμετρο και τη θερμοκρασία. Επομένως για κάθε μήνα δημιουργήθηκε μια σχέση εξατμοδιαπνοής–θερμοκρασίας–υψομέτρου της μορφής $y=a*x_1 + b*x_2 + c$. Οι σχέσεις που παράχθηκαν για κάθε μήνα παρατίθενται στον Πίνακα 1:

Πίνακας 4.1: Γραμμικές σχέσεις εξατμοδιαπνοής-θερμοκρασίας-υψομέτρου

ΜΗΝΑΣ	ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΣΧΕΣΗ
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	$y = 1,367 \cdot x_1 - 0,0134 \cdot x_2 + 40,488$
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	$y = -0,131 \cdot x_1 - 0,0074 \cdot x_2 + 32,106$
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	$y = 0,024 \cdot x_1 - 0,0053 \cdot x_2 + 20,766$
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	$y = -0,342 \cdot x_1 - 0,0064 \cdot x_2 + 30,684$
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	$y = 2,284 \cdot x_1 - 0,0087 \cdot x_2 + 28,044$
ΜΑΡΤΙΟΣ	$y = 1,073 \cdot x_1 - 0,0125 \cdot x_2 + 56,126$
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	$y = 8,4 \cdot x_1 - 0,0172 \cdot x_2 - 9,563$
ΜΑΪΟΣ	$y = 7,604 \cdot x_1 - 0,0215 \cdot x_2 + 2,860$
ΙΟΥΝΙΟΣ	$y = 5,562 \cdot x_1 - 0,0259 \cdot x_2 + 53,571$
ΙΟΥΛΙΟΣ	$y = 6,065 \cdot x_1 - 0,0296 \cdot x_2 + 44,658$
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	$y = 7,395 \cdot x_1 - 0,0282 \cdot x_2 - 10,764$
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	$y = 3,639 \cdot x_1 - 0,0218 \cdot x_2 + 41,219$

Σημείωση: y: εξατμοδιαπνοή, x1: θερμοκρασία, x2: υψόμετρο

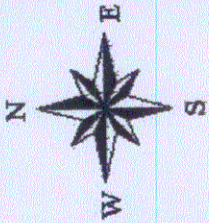
Στο πρόγραμμα Excel δημιουργήθηκε ο πίνακας με τις μέσες θερμοκρασίες για τα έτη 1980-88 και στη συνέχεια έγινε εισαγωγή του στο Σ.Γ.Π. ARCVIEW και συγκεκριμένα στο επίπεδο πληροφορίας που περιείχε τη θέση του σταθμού Κρεμαστά. Ακολούθως, εφαρμόστηκαν οι γραμμικές σχέσεις στο ψηφιακό μοντέλο εδάφους της λεκάνης και για τη μέση θερμοκρασία κάθε μήνα ώστε να κατασκευαστούν οι επιφάνειες εξατμοδιαπνοής ανά μήνα (8 επιφάνειες του ίδιου μήνα για τα έτη 1980-88). Το πρόγραμμα που δίνει τις επιφάνειες εφαρμόστηκε τόσες φορές όσες είναι και οι γραμμικές σχέσεις (Script_11, Παράρτημα 2).

Στο χάρτη 5.9 παρουσιάζεται ενδεικτικά μία από τις επιφάνειες δυνητικής εξατμοδιαπνοής.

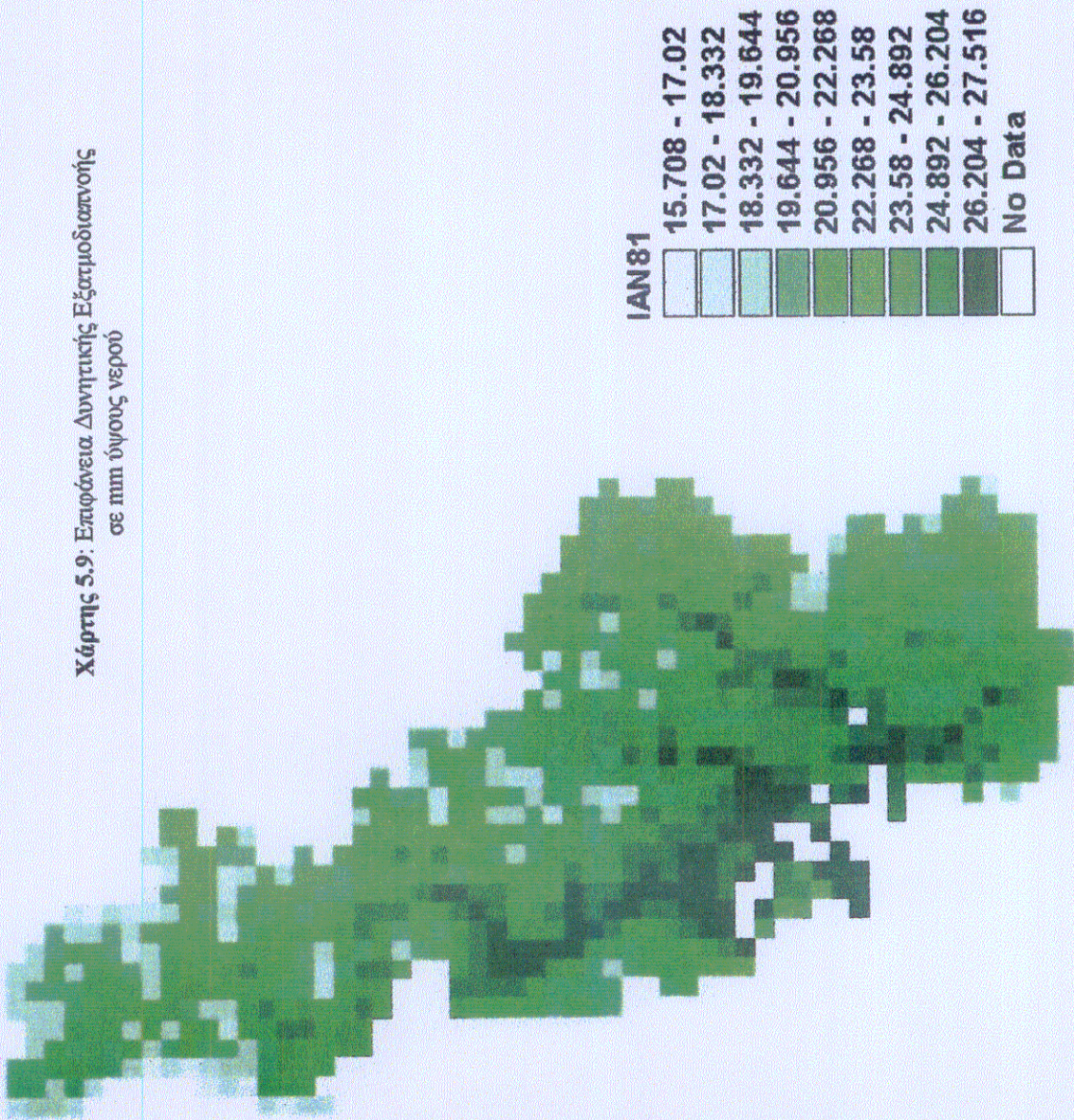
5.2.4 Επιφάνειες τήξης χιονιού με βάση τη μέση μηνιαία θερμοκρασία

Οι επιφάνειες τήξης χιονιού υπολογίζονται σε μήνες όπου δεν υπάρχει χιονόπτωση. Συγκεκριμένα, μετά τον τελευταίο μήνα χιονοπτώσεων δημιουργούνται οι κάνναβοι τήξης χιονιού.

Το συσσωρευμένο χιόνι αρχίζει να λιώνει όταν η μέση θερμοκρασία σε κάθε κύτταρο της λεκάνης υπερβεί τους 0°C. Για να διαχωριστούν τα κύτταρα στα οποία ισχύει η συνθήκη τήξης από τα υπόλοιπα της λεκάνης, γίνεται σύγκριση του καννάβου μέσης θερμοκρασίας με έναν μηδενικό κάνναβο. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένας βοηθητικός κάνναβος με τιμή 1 στα κύτταρα στα οποία συμβαίνει τήξη και 0 στα υπόλοιπα. Στη συνέχεια γίνεται πολλαπλασιασμός του βοηθητικού καννάβου με τον κάνναβο μέσης θερμοκρασίας οπότε δημιουργείται κάνναβος με τις τιμές της θερμοκρασίας στα κύτταρα που έχουμε τήξη χιονιού.



Χάρτης 5.9: Επιφάνεια Διηλεκτικής Εξαρμοδιαπνοής
σε mm ύψους νερού



Ο τύπος που εφαρμόζεται για τον υπολογισμό της ποσότητας τήξης χιονιού είναι ο ακόλουθος:

$$SM = DDF * Tmes * ND \quad (5.4)$$

όπου DDF είναι ο παράγων βαθμοημερών ο οποίος λαμβάνεται ίσος με 3mm/°C/day

Tmes είναι ο κάνναβος με μέση μηνιαία θερμοκρασία στα κύτταρα με τήξη

ND είναι ο αριθμός ημερών του μήνα στον οποίο εξετάζεται το φαινόμενο.

Το πρόγραμμα δημιουργίας καννάβων τήξης χιονιού είναι στο Script_27 στο Παράρτημα 2 και μία ενδεικτική επιφάνεια τήξης χιονιού απεικονίζεται στο Χάρτη 5.10.

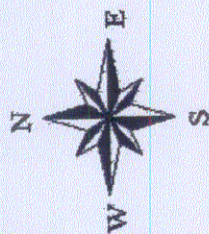
5.2.5 Επιφάνειες δεξαμενής χιονιού και πραγματικής τήξης χιονιού

Οι κάνναβοι τήξης χιονιού που υπολογίστηκαν με βάση τη μέση θερμοκρασία αποτελούν τις αναμενόμενες ποσότητες τήξης χιονιού χωρίς να υπάρχει περιορισμός από το συσσωρευμένο χιόνι στη δεξαμενή χιονιού. Έτσι είναι αναγκαίος ο υπολογισμός των καννάβων πραγματικής τήξης χιονιού με βάση το απόθεμα στη δεξαμενή χιονιού.

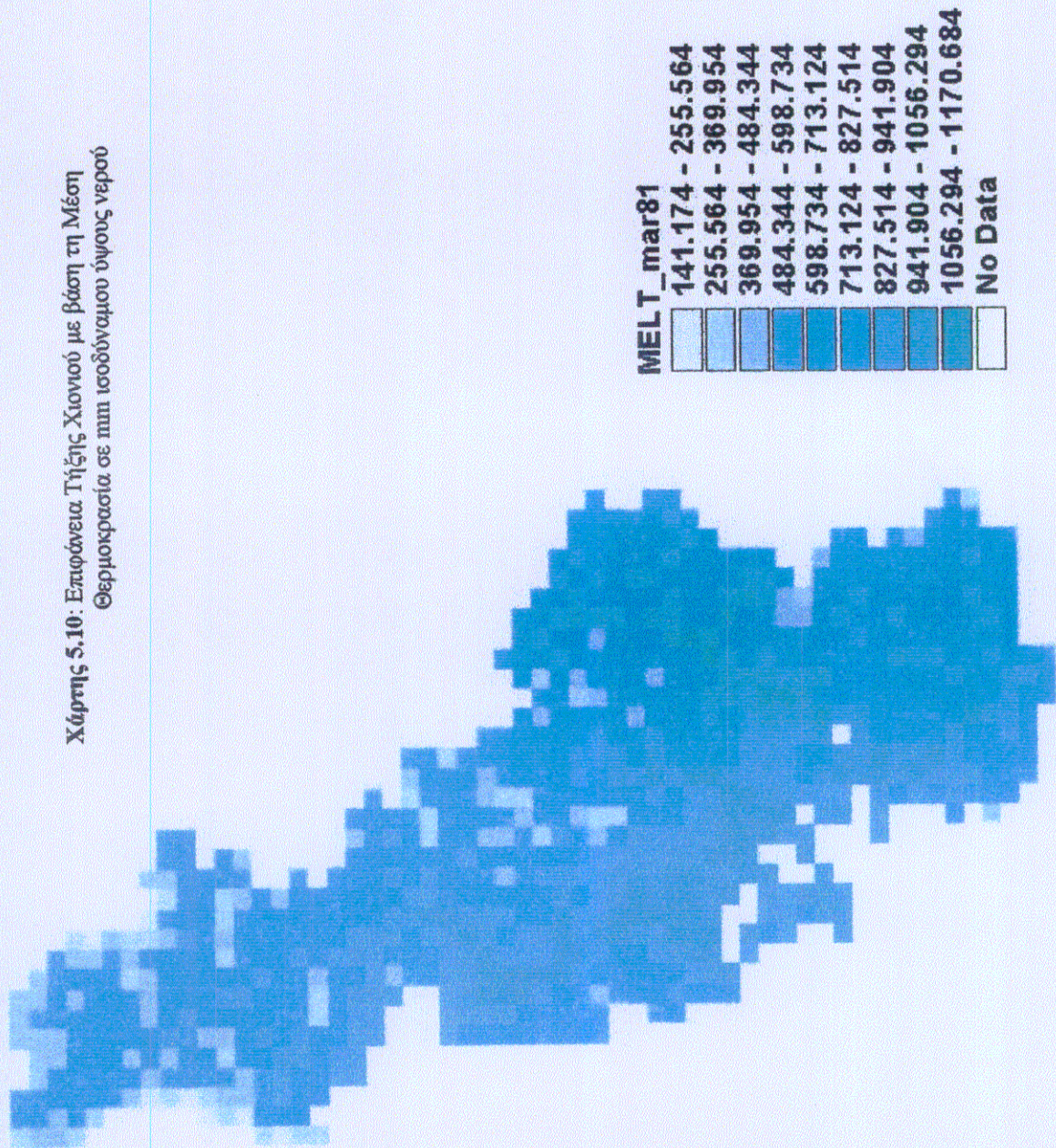
Αρχικά δημιουργείται ο κάνναβος δεξαμενής χιονιού, τον τελευταίο μήνα χιονόπτωσης, με πρόσθεση όλων των καννάβων χιονόπτωσης. Η δεξαμενή αυτή δεν έχει άνω όριο, μπορεί να γεμίσει απεριόριστα. Το απόθεμα χιονιού που παραμένει σε κάθε κύτταρο προκύπτει με αφαίρεση του θεωρητικού καννάβου τήξης χιονιού, του επόμενου μήνα χωρίς χιονόπτωση, από τον κάνναβο δεξαμενής χιονιού (Script_28, Παράρτημα 2). Μετά την αφαίρεση αυτή σε μερικά κύτταρα έχει μειωθεί η συσσώρευση χιονιού και σε μερικά έχει γίνει αρνητική. Οι αρνητικές τιμές προκύπτουν όταν οι θεωρητικές τιμές τήξης χιονιού είναι μεγαλύτερες από το πραγματικό απόθεμα και τα κύτταρα στην περίπτωση αυτή πρέπει να πάρουν την τιμή 0 αφού όλη η ποσότητα χιονιού που περιέχουν έχει λιώσει.

Στην περίπτωση αυτή δημιουργείται ένας βοηθητικός κάνναβος με τις θετικές τιμές αποθέματος και με τιμή 0 στις αρνητικές, ο οποίος αποτελεί τον κάνναβο με το απόθεμα χιονιού που παραμένει στο τέλος του μήνα. Οι κάνναβοι πραγματικής τήξης χιονιού υπολογίζονται με αφαίρεση του καννάβου με το καινούριο απόθεμα από τον προηγούμενο κάνναβο αποθέματος χιονιού.

Στους Χάρτες 5.11 και 5.12 απεικονίζονται επιφάνειες δεξαμενής χιονιού και πραγματικής τήξης χιονιού αντίστοιχα.

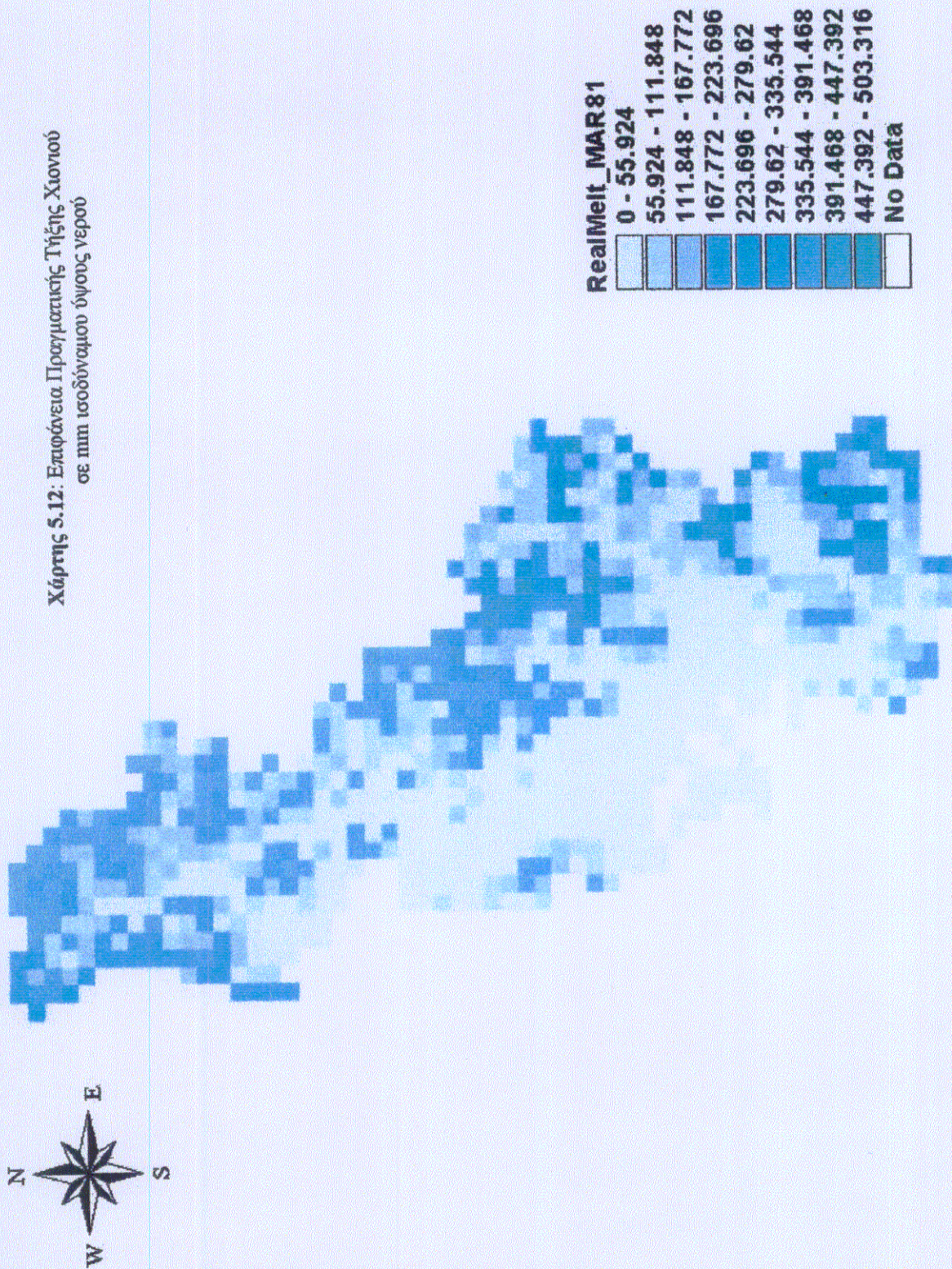


Χάρτης 5.10: Επιφάνεια Τήξης Χιονιστό με βάση τη Μέση
Θερμοκρασία σε mm ισοδύναμου ύψους νερού





Χάρτης 5.12: Επιφάνεια Πραγματικής Τήξης Χιονιού
σε mm ισοδύναμου ύψους νερού



5.2.6 Βαθμονόμηση

Η βαθμονόμηση (calibration) του μοντέλου πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα Excel στο οποίο δημιουργήθηκε πλήρως το συγκεντρωτικό (lumped) μοντέλο του υδατικού ισοζυγίου. Συγκεκριμένα, μεταφέρθηκαν από το ARCVIEW οι συγκεντρωτικές τιμές των καννάβων βροχόπτωσης, λιωμένου χιονιού και δυνητικής εξατμοδιαπνοής όλων των μηνών.

Η βαθμονόμηση του μοντέλου συνίσταται στην πραγματοποίηση δοκιμών και τη σύγκριση των αποτελεσμάτων του μοντέλου με ένα ιστορικό δείγμα απορροής. Κατά τις δοκιμές αυτές μεταβάλλονται με συστηματικό τρόπο οι τιμές των παραμέτρων έτσι ώστε να επιτευχθεί όσο το δυνατόν καλύτερη προσαρμογή των υπολογισμένων, από το μοντέλο, παροχών, στο δείγμα των παροχών από ισοζύγιο στην έξοδο της λεκάνης. Η διαδικασία αυτή γίνεται στο Excel σε ελάχιστο χρόνο με τη βοήθεια του εργαλείου solver που είναι ένας τυπικός γραμμικός και μη γραμμικός επιλυτής. Η αντικειμενική συνάρτηση η οποία ελαχιστοποιείται εκφράζει την απόσταση μεταξύ των υπολογισμένων από το μοντέλο υδρογραφημάτων και των ιστορικών υδρογραφημάτων στην έξοδο της λεκάνης.

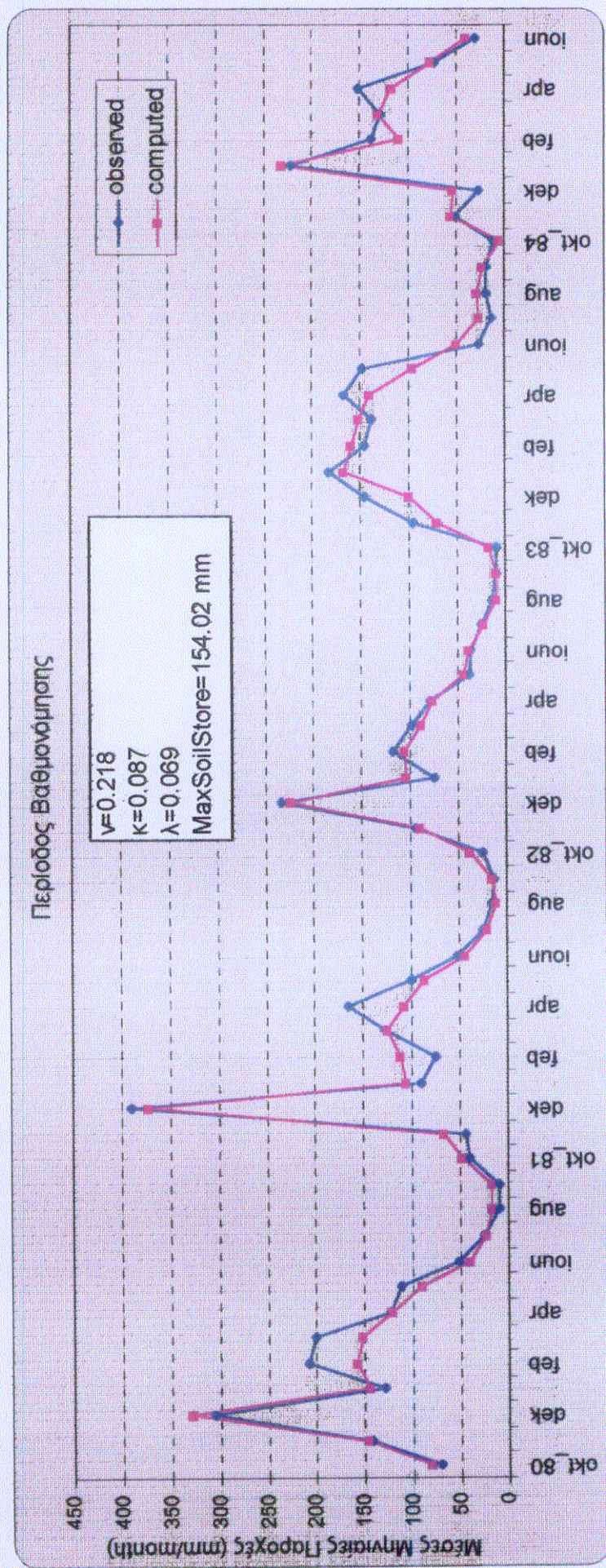
Οι τιμές των παραμέτρων που προέκυψαν από τη βελτιστοποίηση είναι:

- Ποσοστό αδιαπέρατης επιφάνειας: $\nu=0.218$
- Συν/τής εισροής εδαφικού αποθέματος στη δεξαμενή υπόγειου νερού: $\kappa=0.087$
- Συν/τής εκκένωσης αποθέματος υπόγειου νερού: $\lambda=0.069$
- Χωρητικότητα δεξαμενής εδαφικής υγρασίας: $MaxSoilStore=154,02\text{ mm}$.

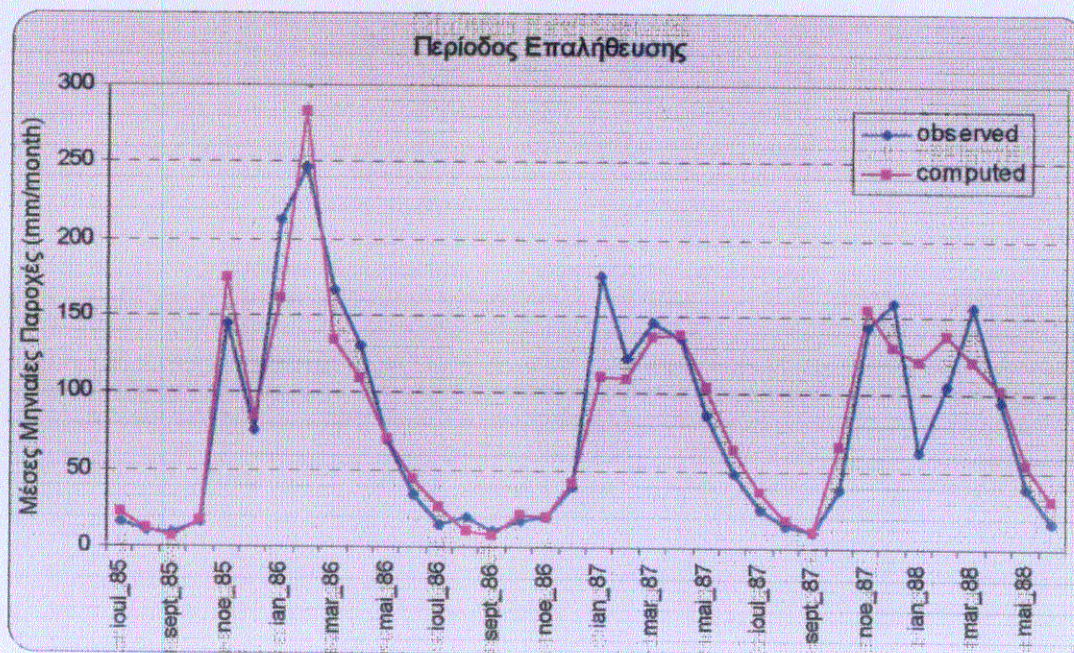
Η σύγκριση του υπολογισμένου υδρογραφήματος από το συγκεντρωτικό μοντέλο και του υδρογραφήματος στην έξοδο της λεκάνης για την περίοδο βαθμονόμησης και επαλήθευσης φαίνεται στα διαγράμματα 5.1 και 5.2 αντίστοιχα.

Η περίοδος βαθμονόμησης είναι 57 μήνες (Οκτώβριος 1980 – Ιούνιος 1985) και η περίοδος επαλήθευσης 36 μήνες (Ιούλιος 1985 – Ιούνιος 1988)

Στη συνέχεια, οι τιμές των παραμέτρων που προέκυψαν από τη βελτιστοποίηση του συγκεντρωτικού μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν έτοιμες στον αλγόριθμο του κατανεμημένου μοντέλου για την κατασκευή των καννάβων των μεταβλητών εξόδου, που ακολουθούν στην επόμενη παράγραφο.



Διάγραμμα 5.1: Βαθμονόμηση συγκεντρωτικού μοντέλου



Διάγραμμα 5.2: Επαλήθευση συγκεντρωτικού μοντέλου

Η εξέταση των διαγραμμάτων δείχνει ότι η επίδοση του μοντέλου είναι πολύ ικανοποιητική τόσο για την περίοδο της βαθμονόμησης όσο και για την περίοδο επαλήθευσης.

Συγκεκριμένα, φαίνεται ότι οι υπολογισμένες από το μοντέλο απορροές ακολουθούν πολύ καλά τις ιστορικές παροχές. Οι αιχμές ακολουθούν επίσης εξαιρετικά καλά τις πραγματικές αιχμές και το ίδιο συμβαίνει με τις ελάχιστες παροχές. Κάποιες αποκλίσεις παρατηρούνται κατά τους χειμερινούς μήνες (Ιανουάριος-Φεβρουάριος) όπου το μοντέλο δίνει μικρότερες απορροές. Αυτό οφείλεται στο ότι το μοντέλο του χιονιού που χρησιμοποιήθηκε (δεξαμενή χιονιού και τήξη με βάση τη μέση μηνιαία θερμοκρασία) είναι αρκετά απλοποιημένο δεδομένου ότι η χιονόπτωση και η τήξη του χιονιού είναι διεργασίες περισσότερο πολύπλοκες.

5.2.7 Επιφάνειες αποθέματος δεξαμενής εδάφους, αποθέματος δεξαμενής υπόγειου νερού, πραγματικής εξατμοδιαπνοής και απορροής

Οι κάνναβοι αποθέματος δεξαμενής εδάφους, αποθέματος δεξαμενής υπόγειου νερού, πραγματικής εξατμοδιαπνοής και απορροής προκύπτουν με την εφαρμογή του αλγορίθμου του μοντέλου από το σημείο που έχουν δημιουργηθεί οι κάνναβοι βροχόπτωσης και λιωμένου χιονιού (Script_31, Παράρτημα 2).

Αρχικά δημιουργούνται οι επιφάνειες συνολικής βροχόπτωσης RainPlusMelt που αποτελούν το άθροισμα των καννάβων βροχόπτωσης και λιωμένου χιονιού και επομένως τη διαθέσιμη ποσότητα νερού που φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους κάθε μήνα. Στη συνέχεια ένα ποσοστό ν της διαθέσιμης ποσότητας μετατρέπεται σε κάνναβο άμεσης απορροής TotalRoff. Η διαθέσιμη ποσότητα νερού προς το έδαφος απεικονίζεται από την επιφάνεια PrecipLeft που προκύπτει από τη διαφορά των καννάβων RainPlusMelt και TotalRoff.

Η επιφάνεια PrecipLeft (P) συγκρίνεται με την επιφάνεια της δυνητικής εξατμοδιαπνοής PotEvap (PE) και δημιουργούνται δύο βοηθητικοί κάνναβοι Grid1 και Grid2. Ο κάνναβος Grid1 έχει τιμή 1 στα κύτταρα που ισχύει $P > PE$ και 0 στα υπόλοιπα στα υπόλοιπα ενώ ο κάνναβος Grid2 έχει τιμή 1 στα κύτταρα που ισχύει $P < PE$ και 0 στα υπόλοιπα.

Στην περίπτωση που ισχύει $P > PE$ σε όλα τα κύτταρα, ο κάνναβος της πραγματικής εξατμοδιαπνοής ταυτίζεται με τον κάνναβο της δυνητικής ($DEvap = PotEvap$). Η ποσότητα του νερού που πάει στη δεξαμενή εδαφικής υγρασίας είναι ο κάνναβος $DRainToSoil = RainPlusMelt - PotEvap$ και η εξάτμιση της δεξαμενής εδάφους είναι μηδενική.

Στην περίπτωση που ισχύει $P < PE$ σε όλα τα κύτταρα τότε υπολογίζεται ο κάνναβος εξάτμισης της δεξαμενής εδάφους $DSoilToEvap$. Η επιπλέον εξάτμιση της δεξαμενής εδάφους υπολογίζεται από τον τύπο:

$$DSoilToEvap = \mu * (PE - P) * (SoilStor / K) \quad (5.5)$$

όπου μ ο συν/τής

SoilStor ο κάνναβος του αποθέματος της δεξαμενής και

K η χωρητικότητα της δεξαμενής

Ο κάνναβος $DSoilToEvap$ που δημιουργείται με την εφαρμογή του παραπάνω τύπου συγκρίνεται με το απόθεμα της δεξαμενής SoilStor και αν ξεπερνιέται το απόθεμα, τότε η εξάτμιση της δεξαμενής εδάφους γίνεται ίση με το απόθεμα ($DSoilToEvap = SoilStor$). Ο κάνναβος της ποσότητας νερού που πηγαίνει στη δεξαμενή εδάφους γίνεται μηδενικός ενώ ο κάνναβος πραγματικής εξατμοδιαπνοής υπολογίζεται από το άθροισμα $DEvap = RainPlusMelt + DSoilToEvap$.

Στους περισσότερους μήνες η συνθήκη $P > PE$ ή $P < PE$ δεν ισχύει για το σύνολο των κυττάρων της λεκάνης. Επομένως, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή δεν υπολογίζεται για όλα τα κύτταρα με τον ίδιο τρόπο. Στα κύτταρα που ισχύει η συνθήκη $P > PE$, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή ταυτίζεται με τη δυνητική ενώ στα υπόλοιπα για τα οποία ισχύει $P < PE$ πρέπει να υπολογιστεί η επιπλέον εξατμισοδιαπνοή της δεξαμενής εδάφους. Επομένως, πρέπει να διαχωριστούν τα κύτταρα με βάση την συνθήκη που ισχύει ώστε να υπολογιστεί διαφορετικά η εξάτμιση. Αυτό έχει ήδη γίνει με τη δημιουργία των καννάβων Grid1 και Grid2.

Ο πολλαπλασιασμός του Grid1 με τον κάνναβο της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής δίνει τον κάνναβο help1 ο οποίος περιέχει την δυνητική εξατμισοδιαπνοή στα κύτταρα που ταυτίζεται με την πραγματική και 0 στα υπόλοιπα. Αντίστοιχα, ο κάνναβος Grid2 πολλαπλασιάζεται με τον κάνναβο της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής και προκύπτει ο help2 με τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή στα κύτταρα που ισχύει $P < PE$ και 0 στα υπόλοιπα. Ο Grid2 πολλαπλασιάζεται και με τον κάνναβο PrecipLeft και προκύπτει ο κάνναβος help3 με τις τιμές της βροχόπτωσης στα κύτταρα με τη συνθήκη $P < PE$ και 0 στα υπόλοιπα. Ο κάνναβος εξάτμισης της δεξαμενής εδάφους υπολογίζεται με πράξεις μεταξύ των καννάβων help2 και help3 εφόσον για τα μη μηδενικά κύτταρα αυτών υπολογίζεται η επιπλέον εξάτμιση της δεξαμενής εδάφους DSoilToEvap. Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή υπολογίζεται, στη συνέχεια, ως εξής: $DEvap = Grid2 * (RainPlusMelt + DSoilToEvap)$. Ο κάνναβος της συνολικής πραγματικής εξάτμισης προκύπτει με άθροιση των καννάβων help1 και DEvap.

Ο παραπάνω εξάτμιση συγκρίνεται και σε αυτή την περίπτωση με το απόθεμα SoilStor ώστε σε όποια κύτταρα η τιμή της εξάτμισης ξεπερνά το απόθεμα, να γίνεται ίση με αυτό. Η σύγκριση δημιουργεί δύο βοηθητικούς καννάβους, τους Grid3 και Grid4 από τους οποίους ο πρώτος περιέχει την τιμή 1 στα κύτταρα όπου η εξάτμιση ξεπερνά το απόθεμα και 0 στα υπόλοιπα και ο δεύτερος έχει τιμή 1 στα κύτταρα όπου το απόθεμα είναι μεγαλύτερο από την εξάτμιση και 0 στα υπόλοιπα.

Στην περίπτωση αυτή έχουμε και ποσότητα νερού προς τη δεξαμενή εδάφους από τα κύτταρα που ισχύει $P > PE$ (κύτταρα με τιμή 1 στον κάνναβο Grid1). Ο κάνναβος αυτός προκύπτει ως εξής: $DRainToSoil = (PrecipLeft - PotEvap) * Grid1$.

Η διαδικασία είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη και οφείλεται όπως έχουμε αναφέρει και πιο πριν σε αδυναμίες της γλώσσας AVENUE και ιδιαίτερα στην αδυναμία χειρισμού λογικών εντολών.

Στη συνέχεια υπολογίζεται ο κάνναβος DSoilToGround εισροής νερού στη δεξαμενή υπόγειου νερού από τη δεξαμενή εδάφους. Η επιφάνεια αυτή αφαιρείται από την επιφάνεια

αποθέματος για να προκύψει ο τελικός κάνναβος αποθέματος SoilStor στο τέλος του μήνα και προστίθεται στον κάνναβο αποθέματος της δεξαμενής υπόγειου νερού.

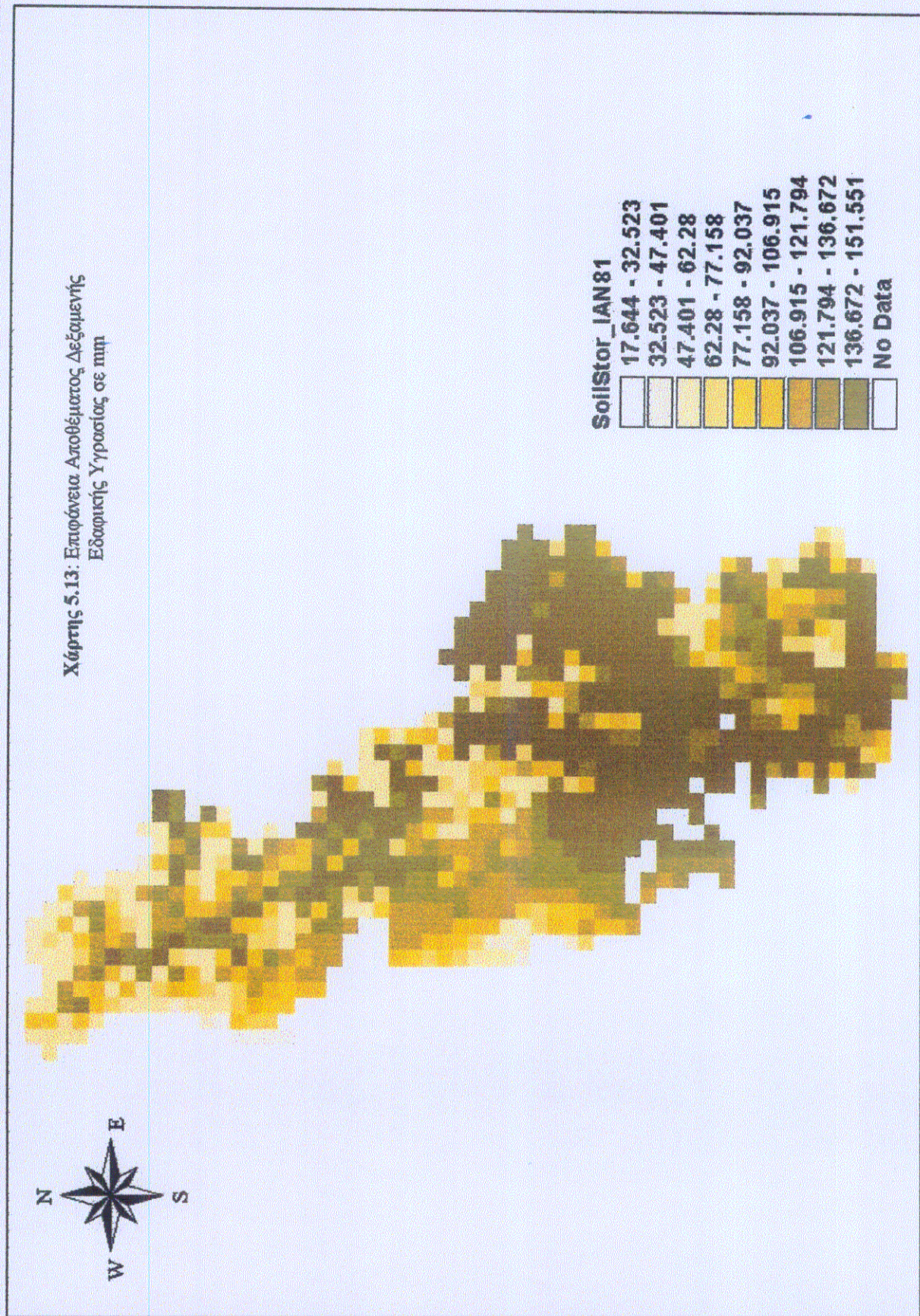
Ακολουθεί ο υπολογισμός της επιφάνειας εκροής νερού από τη δεξαμενή υπόγειου νερού προς το ποτάμι DGroundRoff. Η επιφάνεια αυτή αφαιρείται από τον κάνναβο αποθέματος της δεξαμενής υπόγειου νερού για να προκύψει ο τελικός κάνναβος αποθέματος της δεξαμενής υπόγειου νερού στο τέλος του μήνα. Τέλος, ο κάνναβος της τελικής απορροής στο τέλος του μήνα προκύπτει από το άθροισμα των καννάβων άμεσης απορροής, επιφανειακής απορροής και βασικής ροής.

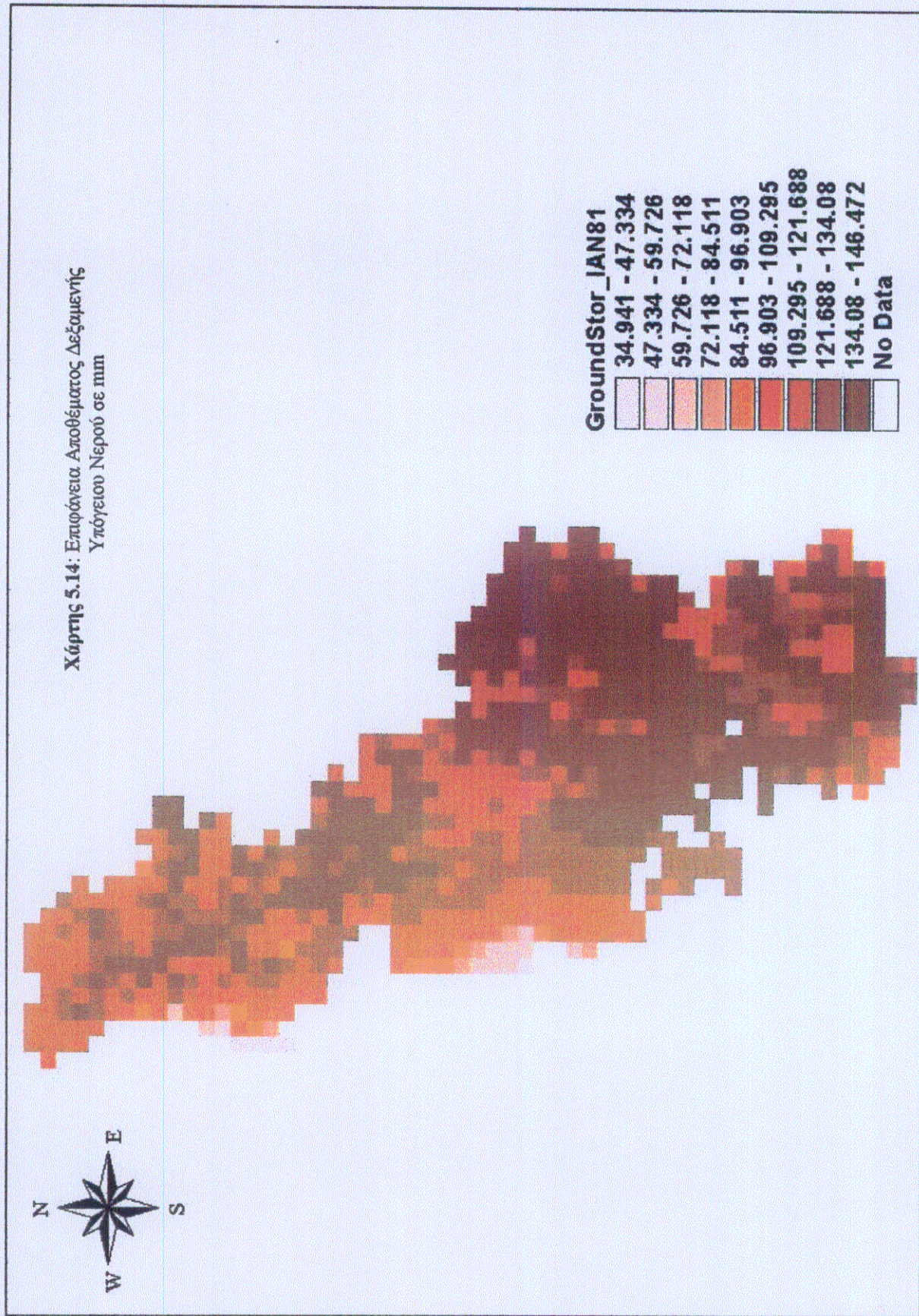
Για τη δημιουργία των παραπάνω καννάβων χρειάστηκε να γίνει αριθμητική ολοκλήρωση διότι τα αποθέματα των δεξαμενών μεταβάλλονται στο χρόνο οπότε αντίστοιχα είναι χρονικά μεταβλητές και οι διακινήσεις του νερού από αποθήκη σε αποθήκη.

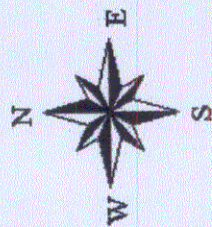
Παρατηρούμε πως σύμφωνα με τον αλγόριθμο εκτός από τις μεταβλητές εξόδου υπάρχει η δυνατότητα παρακολούθησης της εξέλιξης στο χρόνο και άλλων μεταβλητών όπως η άμεση απορροή, η βασική ροή, η επιφανειακή απορροή κλπ.

Στους Χάρτες 5.13, 5.14, 5.15 και 5.16 παρουσιάζονται οι επιφάνειες των μεταβλητών εξόδου του μοντέλου.

Χάρτης 5.13: Επιφάνεια Αποθέματος Δεξαμενής
Εδαφικής Υγρασίας σε mm

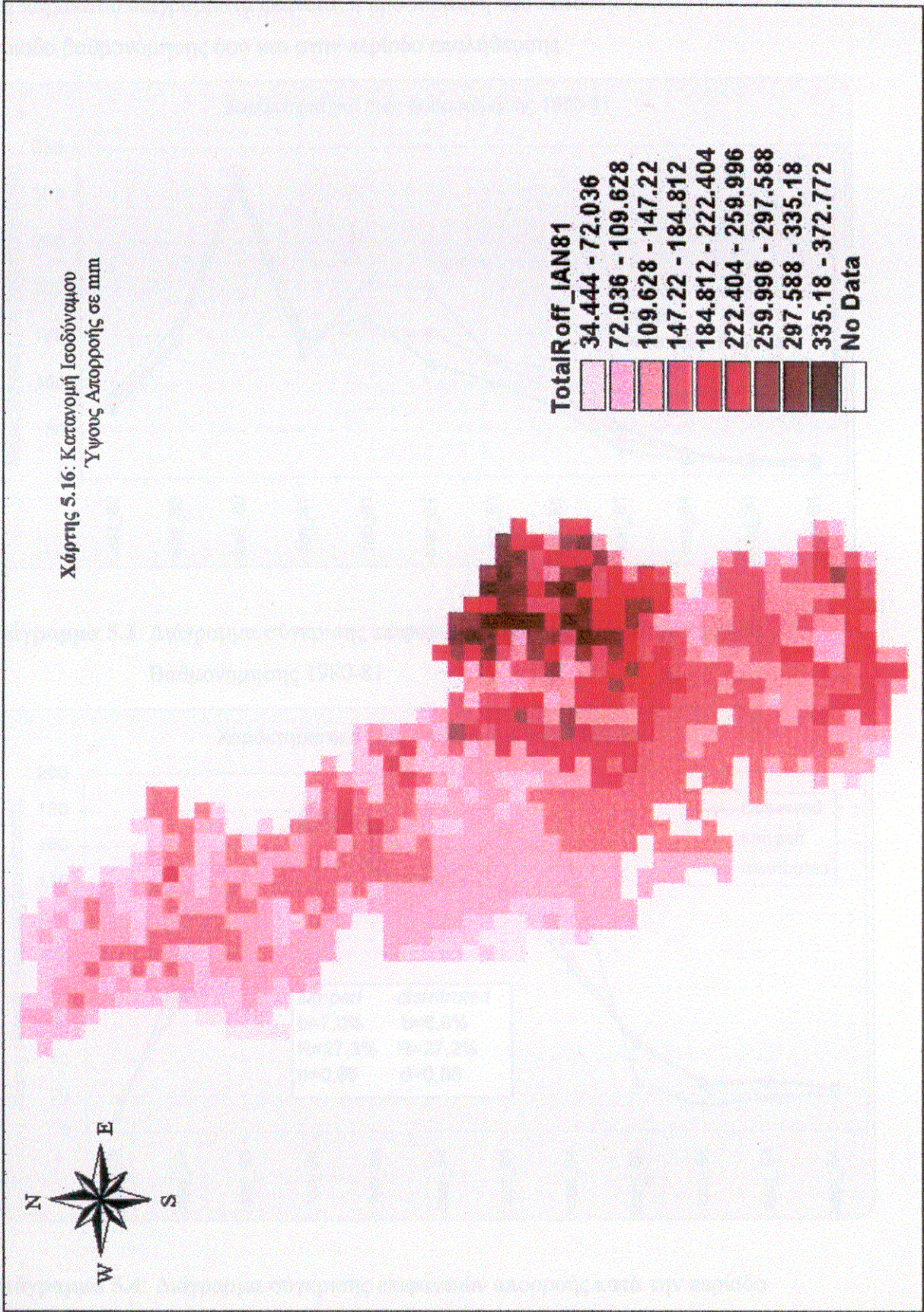






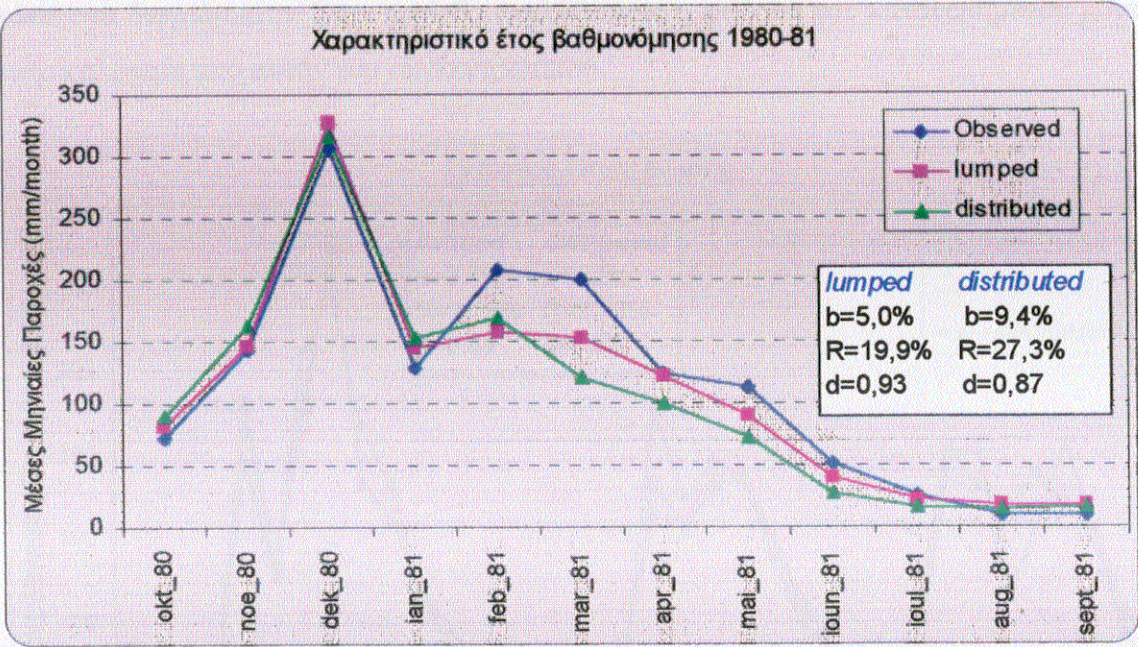
Χάρτης 5.15: Επιφάνεια Πραγματικής Εξετρεμοδιαπνοής
σε mm ύψους νερού



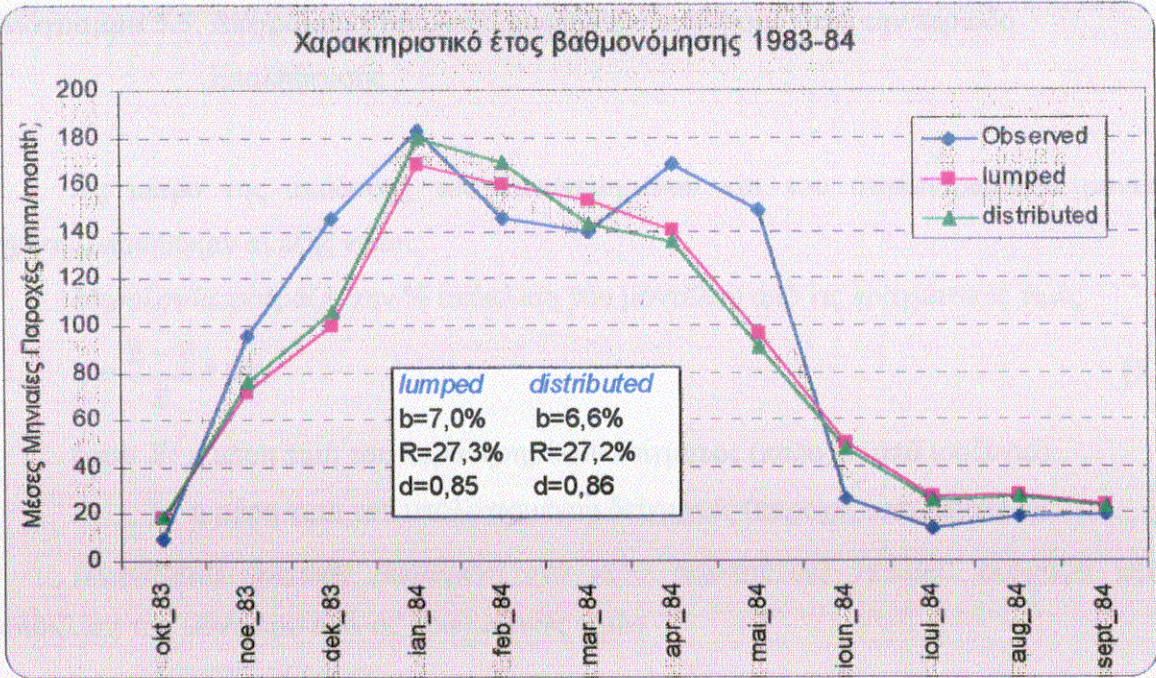


5.2.8 Αποτελέσματα

Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνεται η προσαρμογή του κατανεμημένου μοντέλου τόσο στην περίοδο βαθμονόμησης όσο και στην περίοδο επαλήθευσης.

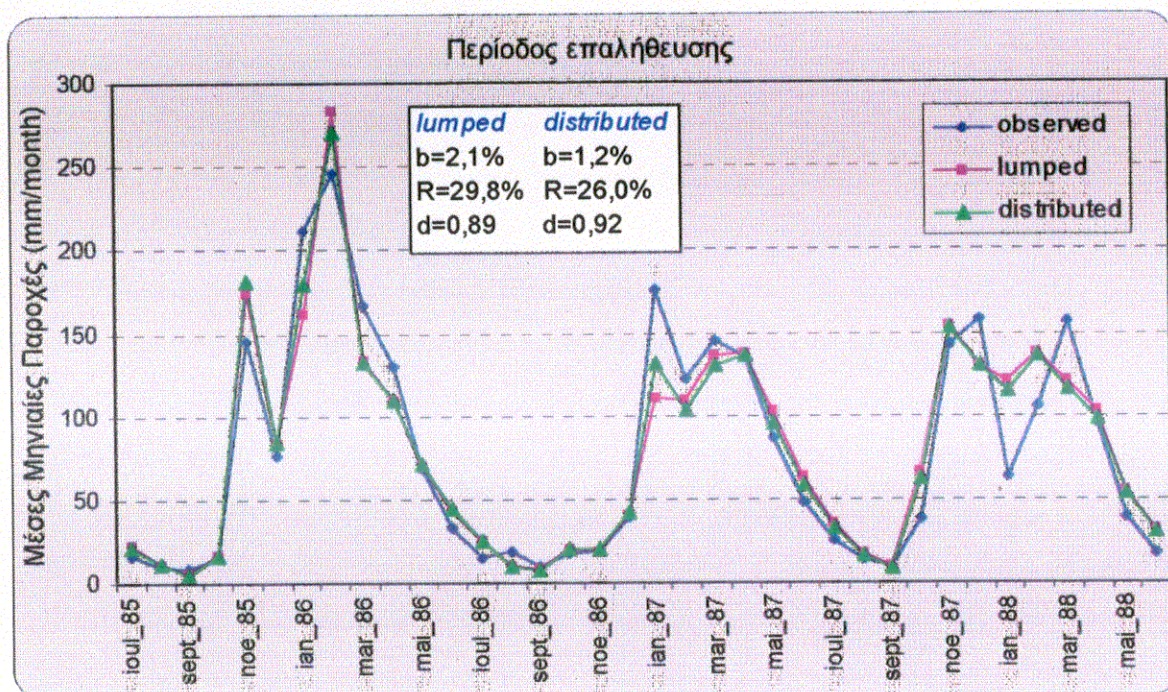


Διάγραμμα 5.3: Διάγραμμα σύγκρισης επιφανειών απορροής κατά την περίοδο Βαθμονόμησης 1980-81



Διάγραμμα 5.4: Διάγραμμα σύγκρισης επιφανειών απορροής κατά την περίοδο Βαθμονόμησης 1983-84

Στην περίοδο βαθμονόμησης το κατανεμημένο μοντέλο εφαρμόστηκε για τα δύο χειρότερα χρόνια της βαθμονόμησης του συγκεντρωτικού. Η επίδοσή του σε σχέση με το συγκεντρωτικό είναι περίπου η ίδια σύμφωνα με τους ποσοτικούς δείκτες που φαίνονται πάνω στα διαγράμματα. Στην περίοδο επαλήθευσης η επίδοση του κατανεμημένου μοντέλου είναι καλύτερη από αυτήν του συγκεντρωτικού.



Διάγραμμα 5.5: Διάγραμμα σύγκρισης επιφανειών απορροής κατά την περίοδο Επαλήθευσης

Ως μέτρο της απόδοσης του κατανεμημένου και του συγκεντρωτικού μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν οι εξής τύποι:

Μεροληψία: εκφράζει την % απόκλιση του μοντέλου από τις πραγματικές τιμές

$$b = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\bar{x}} * 100 \quad (5.6)$$

όπου $\bar{x}$: η μέση τιμή του παρατηρημένου δείγματος (παροχές από ισοζύγιο)

$\bar{y}$: η μέση τιμή του υπολογισμένου δείγματος (παροχές από μοντέλο)

Ποσοστιαία έκφραση βασισμένη στο μέσο τετραγωνικό σφάλμα: εκφράζει την % απόκλιση του μοντέλου από τις πραγματικές τιμές

$$R = \frac{\sqrt{(\sum (x_i - y_i)^2 / n)}}{\bar{x}} * 100 \quad (5.7)$$

Συντελεστής προσδιορισμού: η τιμή 1 αντιστοιχεί σε μηδενικό σφάλμα

$$d = 1 - \frac{\sum (x_i - y_i)^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (5.8)$$

όπου x_i : τιμή του παρατηρημένου δείγματος

y_i : τιμή του υπολογισμένου δείγματος

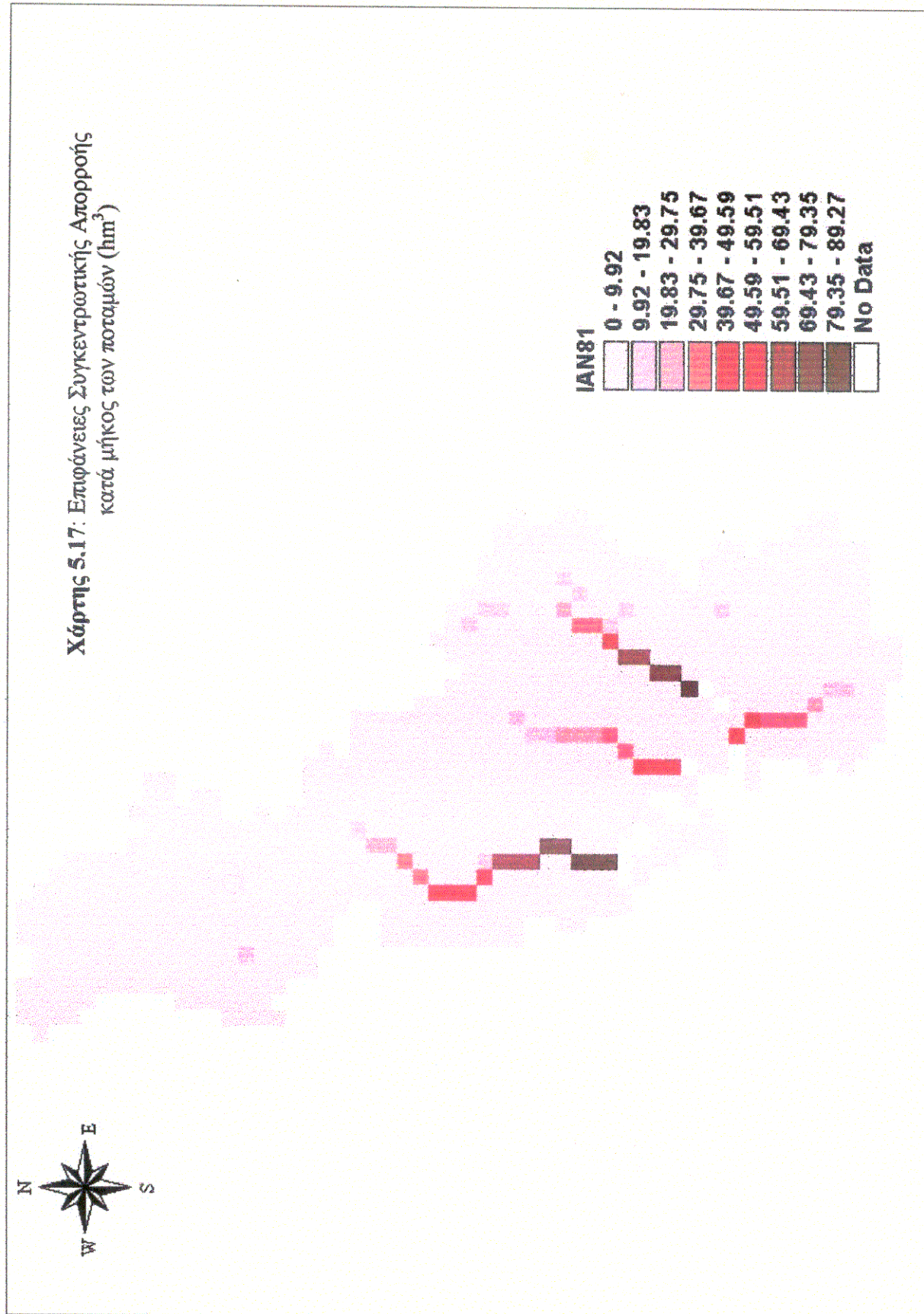
n : το πλήθος του δείγματος

5.2.9 Επιφάνειες Συγκεντρωτικής Απορροής

Οι κάνναβοι συγκεντρωτικής απορροής δίνουν σε κάθε σημείο, κατά μήκος των ποταμών, το μηνιαίο όγκο απορροής. Οι κάνναβοι κατασκευάστηκαν με βάση τους καννάβους ισοδύναμου ύψους απορροής και με εφαρμογή των υδρολογικών συναρτήσεων που υπάρχουν στο Σ.Γ.Π. ArcView (Script_32, Παράρτημα 2).

Οι υδρολογικές συναρτήσεις εφαρμόστηκαν στον κάνναβο υψομέτρου και σε παράγωγους καννάβους. Συγκεκριμένα, εφαρμόστηκε η συνάρτηση κοιλοτήτων (sink) στον κάνναβο υψομέτρου έτσι ώστε να εντοπιστούν τυχόν κοιλότητες που 'εμποδίζουν' την κίνηση του νερού προς τα κατάντη. Στη συνέχεια εφαρμόστηκε η συνάρτηση διεύθυνσης ροής (flow direction) στον κάνναβο υψομέτρου η οποία υπολογίζει για κάθε κύτταρο την κατεύθυνση της ροής. Η συνάρτηση συγκέντρωσης ροής (flow accumulation) εφαρμόζεται στον παράγωγο κάνναβο διεύθυνσης ροής και επιπλέον χρειάζεται έναν κάνναβο βάρους για όρισμα. Ως κάνναβος βάρους χρησιμοποιείται ο κάνναβος ισοδύναμου ύψους απορροής και η συνάρτηση επιστρέφει κάνναβο με τις τιμές της συγκεντρωτικής απορροής κατά μήκος των ποταμών ή με μια μετατροπή μονάδων, κάνναβο με μηνιαίους όγκους απορροής κατά μήκος των ποταμών.

Στο Χάρτη 5.17 παρουσιάζεται μία ενδεικτική επιφάνεια συγκεντρωτικής απορροής.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα σημαντικότερα σημεία που προέκυψαν από την παρούσα εργασία συνοψίζονται στα παρακάτω:

1. Αναπτύχθηκε ένα υπολογιστικό σύστημα το οποίο καταρτίζει υδρολογικό ισοζύγιο στο γεωγραφικό χώρο μιας λεκάνης απορροής, χρησιμοποιώντας υδρομετεωρολογικά δεδομένα εισόδου και εξάγοντας γεωγραφικά κατανεμημένα επίπεδα πληροφορίας που αφορούν στην απορροή, εξατμοδιαπνοή και αποθήκευση νερού στα διάφορα στρώματα του εδάφους. Η ανάπτυξη του μοντέλου βασίστηκε σε αντικειμενοστραφή γλώσσα προγραμματισμού σε περιβάλλον Σ.Γ.Π. (γλώσσα AVENUE, Σ.Γ.Π. ARCVIEW). Η εφαρμογή του μοντέλου έγινε στη λεκάνη που εκτείνεται ανάντη της θέσης Φράγματος Κρεμαστών του ποταμού Αχελώου. Πρόκειται για ορεινή λεκάνη με έντονο ανάγλυφο.
2. Το μοντέλο λόγω του κατανεμημένου χαρακτήρα και της ανάπτυξής του σε περιβάλλον Σ.Γ.Π. έχει δυνατότητα να δίνει γεωγραφική κατανομή όλων των μεταβλητών που εμπλέκονται σε επιφανειακή βάση. Επιπλέον, ολοκληρώνοντας τις μεταβλητές μπορεί σε κάθε σημείο να δώσει το μηνιαίο όγκο απορροής.
3. Η βαθμονόμηση του συγκεντρωτικού μοντέλου έγινε με βάση μία σειρά παροχών σε μοναδική θέση στην έξοδο της λεκάνης. Ειδικότερα, η συνολική περίοδος για την οποία υπήρχαν δεδομένα χωρίστηκε σε δύο τμήματα εκ των οποίων το μεγαλύτερο χρησιμοποιήθηκε για τη βαθμονόμηση και το μικρότερο για επαλήθευση. Η σύγκριση των υπολογισμένων από το μοντέλο παροχών, τόσο για την περίοδο βαθμονόμησης όσο και για την περίοδο επαλήθευσης, με τις διαθέσιμες παροχές στην έξοδο της λεκάνης δείχνουν ότι η επίδοση του μοντέλου είναι πολύ ικανοποιητική. Τόσο οι αιχμές όσο και οι ελάχιστες τιμές παροχών του μοντέλου ακολουθούν πολύ καλά τις πραγματικές αιχμές και ελάχιστες τιμές παροχών. Συγκεκριμένα, η απόκλιση του μοντέλου σε ένα χαρακτηριστικό έτος βαθμονόμησης είναι 7,0% έχοντας μέτρο τη μεροληψία, 27,3% με μέτρο ποσοστιαία έκφραση βασισμένη στο μέσο τετραγωνικό σφάλμα και με συντελεστή προσδιορισμού 0,85. Η απόκλιση του συγκεντρωτικού μοντέλου κατά την περίοδο της επαλήθευσης είναι 2,1% με

μέτρο τη μεροληψία, 29,8% με μέτρο ποσοστιαία έκφραση βασισμένη στο μέσο τετραγωνικό σφάλμα και με συντελεστή προσδιορισμού 0,89.

4. Η απόκλιση του κατανεμημένου μοντέλου σε ένα χαρακτηριστικό έτος βαθμονόμησης είναι 6,6% έχοντας μέτρο τη μεροληψία, 27,2% με μέτρο ποσοστιαία έκφραση βασισμένη στο μέσο τετραγωνικό σφάλμα και με συντελεστή προσδιορισμού 0,86. Στην περίοδο επαλήθευσης η επίδοση του κατανεμημένου μοντέλου είναι πολύ καλύτερη από αυτή του συγκεντρωτικού με ποσοτικούς δείκτες 1,2% με βάση τη μεροληψία, 26% με βάση την ποσοστιαία έκφραση βασισμένη στο μέσο τετραγωνικό σφάλμα και με συντελεστή προσδιορισμού 0,92.
5. Όσον αφορά το υπολογιστικό κομμάτι της εργασίας, την ανάπτυξη των προγραμμάτων στη γλώσσα AVENUE και την εφαρμογή τους, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η γλώσσα παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Αποτελεί αναμφισβήτητα ένα πολύτιμο εργαλείο με το οποίο αυτοματοποιούνται και επιταχύνονται πολύπλοκες λειτουργίες του προγράμματος. Παρόλα αυτά σε πολλές από αυτές δεν επιτυγχάνεται ικανοποιητική ταχύτητα. Ο υπολογιστικός φόρτος της λειτουργίας των προγραμμάτων είναι μεγάλος λόγω της δομής των καναβικών δεδομένων των οποίων η διαχείριση και οι διάφοροι υπολογισμοί γίνονται σε επίπεδο κυττάρου.
6. Η συμπεριφορά του Σ.Γ.Π. ARCVIEW όσον αφορά στη διαχείριση καννάβων κρίνεται ικανοποιητική. Το πρόγραμμα επέδειξε μεγάλη σταθερότητα παρά τον όγκο των παραγόμενων καννάβων (στα πλαίσια της εφαρμογής παράχθηκαν περισσότεροι από 2000 κάνναβοι). Η απόδοσή του βέβαια μειώθηκε αισθητά (μικρές ταχύτητες) το οποίο βέβαια εξαρτάται και από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του υπολογιστή που χρησιμοποιήθηκε καθώς και του λειτουργικού συστήματος (windows).

5.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Η παρούσα εφαρμογή αποτελεί μία προσπάθεια κατασκευής μοντέλου υδατικού ισοζυγίου εξ ολοκλήρου μέσα στο Σ.Γ.Π. Όπως προαναφέρθηκε η ταχύτητα των προγραμμάτων του

αλγορίθμου δεν ήταν ικανοποιητική και επομένως τόσο το μοντέλο υδατικού ισοζυγίου όσο και ο κώδικας των διαφόρων προγραμμάτων επιδέχονται βελτιώσεις και τροποποιήσεις.

Όσον αφορά το μοντέλο, επιδέχεται κάποια βελτίωση ώστε στους χειμερινούς μήνες, που υπάρχουν χιονοπτώσεις, η προσαρμογή στις τιμές των πραγματικών απορροών να είναι ακόμη καλύτερη. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί με πιο λεπτομερή περιγραφή των φυσικών διεργασιών αποθήκευσης και τήξης χιονιού, με περισσότερες παραμέτρους προς βελτιστοποίηση ή τροποποιήσεις στη σύνδεση των δεξαμενών.

Άλλα σημεία προς διερεύνηση θα μπορούσαν να είναι τα εξής:

1. *Παράγοντας 'Χρήσεις Γης':* Θα άξιζε να μελετήσει κανείς την επιρροή των χρήσεων γης στην επίδοση του μοντέλου, τροποποιώντας τον κάναβο χωρητικότητας της δεξαμενής εδαφικής υγρασίας. Στην παρούσα εφαρμογή ο κάναβος αυτός έχει μια τιμή σε όλα τα κύτταρά του, ενώ μια τροποποίηση προς διερεύνηση θα περιλάμβανε κάναβο με διαφορετική τιμή ανά ομάδα κυττάρων που αντιπροσωπεύουν διαφορετικούς τύπους φυτοκάλυψης.
2. *Αλλαγή του μεγέθους κυττάρου:* Ένα άλλο σημείο διερεύνησης θα αποτελούσε η εφαρμογή του μοντέλου σε πιο λεπτομερείς καννάβους (μικρότερο μέγεθος κυττάρου) και οι διαφορές ως προς την επίδοση και τη χωρική κατανομή της πληροφορίας.

Όσον αφορά τη γλώσσα AVENUE, ο κώδικας επιδέχεται κάποιες βελτιώσεις ως προς την παραμετροποίηση των μεταβλητών και τις επαναληπτικές διαδικασίες. Τέτοια περίπτωση αποτελεί η επαναλαμβανόμενη εφαρμογή εντολών σε καννάβους που ανήκουν σε διαφορετικές όψεις (views) στην οποία γίνονται αλληπάλληλα τρεξίματα κομματιών κώδικα.

Η επόμενη έκδοση του Σ.Γ.Π. ARCVIEW που αναμένεται στο επόμενο έτος, θα έχει ενσωματωμένη γλώσσα τη Visual Basic, μια γλώσσα ευρέως διαδεδομένη, ευέλικτη και δοκιμασμένη και επομένως θα άξιζε να διερευνηθεί κατά πόσο στη νέα αυτή έκδοση αμβλύνονται τα μειονεκτήματα που προαναφέρθηκαν.

Διαπιστώνουμε λοιπόν πως όσο εξελίσσονται και βελτιώνονται τα εργαλεία που έχουμε στη διάθεσή μας για την επίλυση των διαφόρων προβλημάτων μας, τόσο οι απαιτήσεις μας αυξάνονται και επομένως πάντα υπάρχει έδαφος για περισσότερη έρευνα και εφαρμογή των καινούριων δυνατοτήτων που μας προσφέρονται. Η Υδρολογία που αποτελεί έναν από τους νεότερους επιστημονικούς κλάδους όπως και τα Σ.Γ.Π. που τώρα έχουν αρχίζει να βρίσκουν

εφαρμογή σε μια σειρά επιστημονικά αντικείμενα σίγουρα δεν έχουν συνδυαστεί ακόμα στο μέγιστο των δυνατοτήτων τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αναστασοπούλου Π., Αλεξοπούλου Κ., Μαμάσης Ν., *Εκτίμηση και διαχείριση των υδατικών πόρων της Στερεάς Ελλάδας. Τεύχος 6: Δοκιμαστική εφαρμογή των προγραμμάτων επεξεργασίας στη λεκάνη Ευήνου*, ΥΠΕΧΩΔΕ, ΕΜΠ, Αθήνα 1992.
2. Γαρμπής Ε. και Χ. Κυρίτσης, *Εκτίμηση πλημμυρών με χρήση συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών και κανναβικών στοιχείων radar*, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 1995.
3. ΕΥΔΕ Αχελώου, *Συνολική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων των έργων εκτροπής Αχελώου*, Αθήνα, 1995.
4. Κουτσογιάννης Δ., *Βελτιστοποίηση Συστημάτων Υδατικών Πόρων*, Διδακτικές Σημειώσεις, Αθήνα, 1999.
5. Κουτσογιάννης Δ. και Θ. Ξανθόπουλος, *Τεχνική Υδρολογία*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1997.
6. Μαμάσης Ν., *Ανάλυση βροχοπτώσεων κατά τύπο καιρού*, Διδακτορική διατριβή, ΕΜΠ, Αθήνα, 1997.
7. Μαμάσης Ν. και Ι. Ναλμπάντης, *Εκτίμηση και διαχείριση των υδατικών πόρων της Στερεάς Ελλάδας (ΦΑΣΗ Β). Τεύχος 20: Μελέτη Υδρολογικών ισοζυγίων*, ΥΠΕΧΩΔΕ, ΕΜΠ, Αθήνα, 1995.
8. Μιμίκου Μ., *Τεχνολογία Υδατικών Πόρων*, 2η Έκδοση, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 1994.
9. Ναλμπάντης Ι., *Εκτίμηση και διαχείριση των υδατικών πόρων της Στερεάς Ελλάδας. Τεύχος 8: Προγράμματα προσομοίωσης της σχέσης βροχής - απορροής*, ΥΠΕΧΩΔΕ, ΕΜΠ, Αθήνα, 1992.

10. Ρώτη Σ. και Χ. Ανυφαντή, *Εκτίμηση και διαχείριση των υδατικών πόρων της Στερεάς Ελλάδας. Τεύχος 4: Ισοζύγια ταμιευτήρων*, ΥΠΕΧΩΔΕ, ΕΜΠ, Αθήνα, 1992.
11. Τζούλης Β., *Διερεύνηση της χωρικής κατανομής των βροχοπτώσεων με τη χρήση ΣΓΠ*, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, 1996.
12. Υπουργείο Ανάπτυξης, ΕΜΠ, ΙΓΜΕ, ΚΕΠΕ, *Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας*, Αθήνα, 1996.
13. Chow V. T., Maidment D., Mays L., *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, 1988.
14. Creutin, J.D., and C. Obled, *Objective analysis and mapping techniques for rainfall fields: An objective comparison*, Water Resources Research, 25, 781-792, 1982.
15. Dingman L., *Physical Hydrology*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1994.
16. ESRI, ARCVIEW, *Advanced Spatial Analysis using Raster and Vector data*, 1996.
17. ESRI, AVENUE, *Customization and Application Development for ArcView*, 1996.
18. Meijerink A., Brouwer H., Mannaerts C., and C. Valenzuela, *Introduction to the use of Geographic Information Systems for practical hydrology*, UNESCO, Publication Number 23, 1995.
19. Olivera F., *Water balance of the Souss basin, Morocco*, Report from visit to the Direction Generale de l'Hydraulique (DGH) of Morocco, October 23 – November 2, 1995.
20. Olivera F. and D.R. Maidment, *Runoff Computation Using Spatially Distributed Terrain Parameters*, Proceedings of the ASCE – North American Water and Environment Congress '96 (NAWEC'96), Anaheim, California, June 22-28, 1996.

21. Pimenta Maria Teresa, *Waters balances using GIS*, Instituto Da Agua, XXIV General Assembly-European Geophysical Society The Hague, Netherlands, 1999.
22. Pimenta Maria Teresa, Maria Joao Santos and Rui Rodrigues, *Vulnerability to desertification process inferred from water exchanges in the soil*, Institute for Water (INAG), Lisbon, Portugal, 1999.
23. Reed S., Maidment D., Patoux J., *Spatial water balance of Texas*, Center for Research in Water Resources, University of Texas at Austin, 1997.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Πίνακας 2: Δεδομένα βροχόπτωσης

Α/Α	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΟΚΤ_80	ΝΟΕ_80	ΔΕΚ_80	ΙΑΝ_81	ΦΕΒ_81	ΜΑΡ_81	ΑΠΡ_81	ΜΑΙ_81	ΙΟΥΝ_81	ΙΟΥΛ_81	ΑΥΓ_81	ΣΕΠΤ_81
1	ΑΓ.ΒΛΑΣΙΟΣ	131.8	107.5	252.6	219.3	187.5	48.5	92	136.3	8.3	8.3	25.9	10.9
2	ΑΝΙΑΔΑ	234.7	278.3	458.9	286.6	154.1	100.3	106.9	67.4	23.2	35.7	27.9	25
3	ΑΡΑΧΩΒΑ	175.6	294	391.6	166.8	197.5	74.5	95.2	94.6	15.9	58.3	21.4	34.4
4	ΒΑΚΑΡΙΟ	343	263.2	391.5	234.1	233.4	1.2	96	101.9	8.9	5.7	78.5	68.5
5	ΒΡΑΓΚΙΑΝΑ	281.7	227.1	386.2	179.6	204.6	78	116	142.7	0	26.5	3.2	62.7
6	ΓΕΦ.ΕΠΕΣΚΟΠΗΣ	179.8	270.7	393.1	203.8	118.5	118.8	78	70.7	9.4	14.6	11.4	26.4
7	ΓΡΑΜΜΕΝΗ ΟΕΥΑ	242.1	221.8	296.4	290.3	168	38.8	77.5	69.4	0.5	18.5	8.2	55.5
8	ΔΡΥΜΩΝΑΣ	188.1	264.2	321.7	198.8	212.8	87.1	99.8	82.6	34.8	26	27.5	46.1
9	ΕΠΙΝΙΑΝΑ	289	282.2	511.3	302.6	404.5	78	94.1	164.1	3.7	16.5	21.1	53.1
10	ΚΑΡΙΠΕΝΗΣΙ	356.9	213.8	499.3	141.4	79.2	103.4	92	69	3.1	31.8	35.1	39.2
11	ΚΡΕΜΑΣΤΑ	162.5	264.8	297.3	188.5	184.2	87.8	96.8	63	47.8	11.1	26.4	36.1
12	ΚΡΙΚΕΛΟ	292.9	266.4	338.2	357.8	176.3	83.8	98	55.9	12.3	11.2	31.4	24.9
13	ΜΑΥΡΟΜΑΤΑ	310.6	449	520.3	377.9	357.3	65.1	142.8	138	8.5	6.8	65.7	100.7
14	ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ	247.7	325.7	592.6	280.4	281.9	108.3	112	202.6	21.5	34.5	17.9	102.2
15	ΝΕΟΧΩΡΙ	289.4	282.4	435.3	330.3	250.3	79.6	120.5	71.7	20.3	4.3	32.7	88.7
16	ΠΑΠΑΡΟΥΣΙ	233.8	232.1	333.4	226.1	152.6	102.2	88	97.5	19.9	49.9	25.3	33.5
17	ΠΙΤΣΙΩΤΑ	176.8	131.6	156.4	347	174.6	56	107.2	40.6	17.8	18.2	20.4	40.2
18	ΤΕΜΠΛΑ	181	188.2	303.1	177.5	189.6	64.4	85.3	112.1	28.5	21.1	13.5	61
19	ΤΡΙΠΟΤΑΜΟΣ	222	366.1	386.4	166.7	199	77.3	98.3	117.4	11.8	27.5	41.3	78.6
20	ΤΡΟΒΑΤΟ	463.7	480.9	601.8	348	398.5	111	101.1	142.3	2.4	5.3	37.7	72.1
21	ΦΟΥΣΙΑΝΑ	253.9	168.3	264.2	136.3	193	30.3	36.6	115.5	24.4	26.9	12.6	35.1

Πίνακας 2 (συνέχεια)

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΟΚΤ_81	ΝΟΕ_81	ΔΕΚ_81	ΙΑΝ_82	ΦΕΒ_82	ΜΑΡ_82	ΑΠΡ_82	ΜΑΙ_82	ΙΟΥΝ_82	ΙΟΥΛ_82	ΑΥΓ_82	ΣΕΠΤ_82
1	ΑΓ.ΒΛΑΣΙΟΣ	109.8	155.8	330.1	3	174.1	120.2	79.3	54.9	31.6	8	0	19.9
2	ΑΝΙΑΔΑ	175	202.2	453.7	49	217.9	198.1	140.3	62.5	33.7	9	7.6	28.3
3	ΑΡΑΧΩΒΑ	125	88.8	568	69.6	149.9	127.7	133.1	31.2	14.2	0	30.2	13.8
4	ΒΑΚΑΡΙΟ	160	128.1	560.6	88.6	190.7	178.7	114.5	149.9	10.5	8.8	10.4	90.5
5	ΒΡΑΓΚΙΑΝΑ	170.3	180.9	407.7	20.9	153.4	142.3	101.4	104.8	62	14.4	7.5	38.7
6	ΓΕΦ.ΕΠΙΣΚΟΠΗΣ	207.9	170.2	345.4	11.6	157.7	97.5	99.2	40.5	26.9	0	15.1	25.1
7	ΓΡΑΜΜΕΝΗ ΟΕΥΑ	135.9	157.2	410.4	89.1	70.9	168.5	120.9	114.4	45.4	25	17.6	10.9
8	ΔΡΥΜΩΝΑΣ	230.3	179.5	561.6	65.7	185.4	128.9	164.1	40.6	4.7	9.8	13.7	26.7
9	ΕΠΙΝΙΑΝΑ	216.3	183.1	920.5	51.4	250.5	171.6	119.5	161.7	50.6	15.5	24.3	31.9
10	ΚΑΡΙΠΕΝΗΣΙ	157.1	157.8	528.8	63.1	85.6	208.5	133	95.6	80.8	0	0	19.3
11	ΚΡΕΜΑΣΤΑ	220.9	170.9	397.2	20	166.3	107.6	110.4	47.7	6.9	0.7	0	56.3
12	ΚΡΙΚΕΛΟ	170.1	188.8	458.1	38.8	222.7	195.2	123.8	72.3	54.8	1	2.5	31.4
13	ΜΑΥΡΟΜΑΤΑ	212.1	205.6	779.3	135.3	235.3	249.4	147.5	124.7	36.5	0	18.5	42.2
14	ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ	205.3	191.9	634.4	80.3	200.3	194.5	159.1	162.3	25.3	2.3	40.5	47
15	ΝΕΟΧΩΡΙ	139.8	173.4	509.3	85.7	230.6	239.9	171.9	141.8	34	19.2	16.1	22
16	ΠΑΠΑΡΟΥΣΙ	176.6	158.8	360.1	28.8	153.5	143.7	128	104.1	30	0.5	0	24
17	ΠΙΤΣΙΩΤΑ	77	147.4	270.7	105	241.4	254.4	126.6	163	33.2	0	13	30
18	ΤΕΜΠΛΑ	199.9	156.6	392.7	43.7	140.4	116.1	113.3	84.2	18.8	3.7	0.5	42.5
19	ΤΡΙΠΟΤΑΜΟΣ	207	149.8	448.2	35.2	153.7	102.5	134.5	57	48.2	1	2.5	46.2
20	ΤΡΟΒΑΤΟ	245.1	131.1	679	73.2	244.6	198.8	118.6	163.2	61.1	16.9	30.8	51.3
21	ΦΟΥΣΙΑΝΑ	207.7	151.4	363.8	44.2	129.2	103.9	100.5	110.2	60.4	3.9	19	38.6

Πίνακας 2 (συνέχεια)

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΟΚΤ_82	ΝΟΕ_82	ΔΕΚ_82	ΙΑΝ_83	ΦΕΒ_83	ΜΑΡ_83	ΑΠΡ_83	ΜΑΙ_83	ΙΟΥΝ_83	ΙΟΥΛ_83	ΑΥΓ_83	ΣΕΠΤ_83
1	ΑΓ.ΒΛΑΣΙΟΣ	50.9	88.1	272	31.3	109.5	48.9	24.2	19.1	213.2	68.2	10.3	45
2	ΑΝΙΑΔΑ	103.9	292.2	257.1	60.6	225.2	167.3	29	44	103.6	103.2	35.4	21.6
3	ΑΡΑΧΩΒΑ	127.5	233.2	346.8	55	117.4	102.3	16	55.2	91.5	50.8	0	19.6
4	ΒΑΚΑΡΙΟ	208.2	326.9	416.8	46.6	208.8	112.6	52.8	77.3	79.8	67.3	23.5	39.6
5	ΒΡΑΓΚΙΑΝΑ	108.9	272.1	276.6	58.4	125.2	86.4	26.4	31.5	60.9	88.5	34.7	50.7
6	ΓΕΦ.ΕΠΙΣΚΟΠΗΣ	128.7	145.2	233.2	76.1	134.4	62.1	18.4	33.1	109.8	46	2.8	30.8
7	ΓΡΑΜΜΕΝΗ ΟΕΥΑ	69.6	225.3	79.8	74.1	170.2	36.7	34	30.3	70.6	84.4	57.7	22.9
8	ΔΡΥΜΩΝΑΣ	136.8	258	334.5	62.5	219.3	94	26.7	35.5	54.2	46.9	26.5	32.8
9	ΕΠΙΝΙΑΝΑ	149.2	271.3	317.6	64.7	244.8	113.7	37.2	64.1	92.2	62.9	75.7	34.3
10	ΚΑΡΠΕΝΗΣΙ	116.2	163	160.6	30.8	103.3	55.2	42	29.8	93	95.9	21.8	14.4
11	ΚΡΕΜΑΣΤΑ	138.6	168.7	272	56.8	167	67.1	17.8	68.7	83.1	24.7	11	56
12	ΚΡΙΚΕΛΟ	64.9	261.3	272.2	58.5	195.9	167.2	24.3	37.4	77.5	59.1	20.5	21
13	ΜΑΥΡΟΜΑΤΑ	120.1	207.9	344.2	161.7	202.8	120.7	42.4	89.2	110.2	99.2	28.1	36.8
14	ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ	171.4	259.9	455.8	141.7	333.7	126.4	39.2	115	103.1	82.5	98.5	37.5
15	ΝΕΟΧΩΡΙ	138.1	278.6	263.8	56.5	180.9	93.3	48.3	69.9	91.2	31.6	57.8	30.7
16	ΠΑΠΑΡΟΥΣΙ	118.4	131	204.3	60	119	75.6	36.4	47.9	77.7	73.6	30	46.5
17	ΠΙΤΣΙΩΤΑ	119.4	230.4	153.6	58.6	87.2	86	39.6	45.2	100.3	62.2	31.2	25.7
18	ΤΕΜΠΛΑ	114.4	263.6	232.2	44.5	144.5	55	38.2	46.7	103.4	32.8	11.8	41.2
19	ΤΡΙΠΟΤΑΜΟΣ	136.2	183.9	291	53.7	116.5	70.6	25.7	53	93.3	34.4	20.5	54
20	ΤΡΟΒΑΤΟ	132.5	303.3	315.9	65.6	287.3	191.8	47.7	79.8	204.8	130.7	40.6	24.9
21	ΦΟΥΣΙΑΝΑ	72.1	198.1	299.1	46.6	104.2	72.1	30.2	42.4	76.1	17.9	27.1	32.5

Πίνακας 2 (συνέχεια)

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΟΚΤ_83	ΝΟΕ_83	ΔΕΚ_83	ΙΑΝ_84	ΦΕΒ_84	ΜΑΡ_84	ΑΠΡ_84	ΜΑΙ_84	ΙΟΥΝ_84	ΙΟΥΛ_84	ΑΥΓ_84	ΣΕΠΤ_84
1	ΑΓ.ΒΛΑΣΙΟΣ	10.3	297.1	181.6	155.9	278.8	151.8	187.4	42.6	0	0	39.7	52.6
2	ΑΝΙΑΔΑ	81.6	309.5	195.8	232.3	243.6	171.8	199	88.3	17.7	8.5	64	60.2
3	ΑΡΑΧΩΒΑ	88.5	177.4	198.3	129.2	172.7	101.3	186	53.1	0	4.7	38	51.4
4	ΒΑΚΑΡΙΟ	86.1	236.6	202.8	355.3	251	178.4	125.8	41.7	15.3	15.4	70.9	105.6
5	ΒΡΑΓΚΙΑΝΑ	64.2	209.8	147.4	238.6	171.6	146.6	92	62.7	6.5	12	46.7	88.2
6	ΓΕΦ.ΕΠΙΣΚΟΠΗΣ	46.3	188.6	157.3	151.3	134.6	127.1	122	72.7	0	0	63.4	59.9
7	ΓΡΑΜΜΕΝΗ ΟΕΥΑ	69.5	203	140	151.9	213.2	155.1	156.7	46.1	16.2	18.8	68.7	31.6
8	ΔΡΥΜΩΝΑΣ	97.4	372.3	289.1	151.2	231.7	114	138	46.8	0	0	50.6	63.5
9	ΕΠΙΝΙΑΝΑ	72.2	371	190.8	354.7	239.2	177.9	143.1	93.5	3.9	14.6	135.2	78.3
10	ΚΑΡΙΕΝΗΣΙ	45.2	173.8	107.3	140.8	150.7	134.1	182.2	101	11.1	5.8	87.3	46.9
11	ΚΡΕΜΑΣΤΑ	55.3	196	148.7	184.7	152.5	96.7	152.3	80.5	12.7	0	47.7	96.1
12	ΚΡΙΚΕΛΟ	63.7	176.6	235.8	235.6	344.8	169.9	176.6	74.3	20.9	21.9	57.3	52.4
13	ΜΑΥΡΟΜΑΤΑ	164.2	324	222.8	359.1	317.4	256.7	234.9	69.2	16	9.2	94.2	96.1
14	ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ	67.8	327.5	176.1	345.3	250.7	229	166.3	82	7	0	65.1	84.1
15	ΝΕΟΧΩΡΙ	159	334.3	266	241.4	232.4	183	213.9	98.6	5.9	9.3	111.4	33.2
16	ΠΑΠΑΡΟΥΣΙ	53.9	223.9	170	156.1	132.9	103	145.2	76.9	3	0	36.3	54.9
17	ΠΙΤΣΙΩΤΑ	115	160.7	188	88.6	156.2	127	173.6	82.8	9.6	13.8	101.4	27
18	ΤΕΜΠΛΑ	53.5	221.7	166.7	209.3	130.4	106	123.2	69.3	4.5	0	94	92.4
19	ΤΡΙΠΟΤΑΜΟΣ	56.4	270.1	144.2	246.5	171.9	126.2	140.6	94.5	7.8	0	28	66.2
20	ΤΡΟΒΑΤΟ	92.9	349	280.8	290.5	253.2	209.6	173.6	110.7	7.1	5.8	109.8	47
21	ΦΟΥΣΙΑΝΑ	60.9	172.4	160.3	119	173.3	91.8	134.8	42.2	8.2	8	48.5	103.5

Πίνακας 2 (συνέχεια)

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΟΚΤ_84	ΝΟΕ_84	ΔΕΚ_84	ΙΑΝ_85	ΦΕΒ_85	ΜΑΡ_85	ΑΠΡ_85	ΜΑΙ_85	ΙΟΥΝ_85	ΙΟΥΛ_85	ΑΥΓ_85	ΣΕΠΤ_85
1	ΑΓ.ΒΛΑΣΙΟΣ	54.2	55.1	76.6	130	49.3	330.4	145.1	77.4	0	52	0	0
2	ΑΝΙΑΔΑ	14.7	256.4	106.6	450.6	110.9	169.5	82.6	58.4	12.8	43.9	1.4	1.7
3	ΑΡΑΧΩΒΑ	11.9	179.6	102.2	254.1	80.5	124.2	58.8	74.2	9.8	0	0	14.2
4	ΒΑΚΑΡΙΟ	13.4	258.4	96.5	458	137.1	230.7	124.5	42.2	44.4	4.5	10.6	8.2
5	ΒΡΑΓΚΙΑΝΑ	10.4	109.2	40.8	430.9	72.7	203.4	73.9	94.6	2	9.5	21.6	7
6	ΓΕΦ.ΕΠΙΣΚΟΠΗΣ	2.7	210.6	43.1	220.7	72	147.4	64.4	61.3	0.5	0	0	4.8
7	ΓΡΑΜΜΕΝΗ ΟΕΥΑ	16.8	169.2	85.6	266.6	62.7	160.8	66.7	38.6	26.3	22.4	0	8.9
8	ΔΡΥΜΩΝΑΣ	22.2	191.3	99.2	223.6	124.5	137.5	35.6	41.7	9.1	5.6	6	1
9	ΕΠΙΝΙΑΝΑ	2.7	232.3	57.8	516.8	161.3	273.9	101.4	89.7	16.2	28.6	4	14.3
10	ΚΑΡΤΙΕΝΗΣΙ	4.3	182.1	109.5	294.6	85	152.8	94.7	40.8	2.5	11.9	0	3
11	ΚΡΕΜΑΣΤΑ	3.3	208.1	43.7	220.8	94.5	164.2	69.9	39.6	18.7	2.4	1	5
12	ΚΡΙΚΕΛΟ	21.8	243	113.1	526.3	89.2	220.9	79.8	55.7	21.5	16.7	0.9	6.3
13	ΜΑΥΡΟΜΑΤΑ	12	239.6	104.6	606.3	151.8	229.5	143.6	81.9	30	21.9	22.3	2
14	ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ	3	186.8	65.5	421.3	111.3	206.8	90.9	84.5	5.7	50.3	13.3	43.5
15	ΝΕΟΧΩΡΙ	0.7	247.1	160.9	403.8	110	199.4	207.8	52.1	28.6	14.5	0.2	4.3
16	ΠΑΠΑΡΟΥΣΙ	6	207.9	55.4	220.8	77.3	144	66.4	32.6	3.9	11.5	0	3.5
17	ΠΗΤΣΙΩΤΑ	8.8	154	147.4	328.4	57.2	154	139.8	41.6	27.6	15.6	0	1.8
18	ΤΕΜΠΛΑ	4.2	125.2	52.6	303.4	70.6	167.7	78.5	51	1.5	0	14	4.6
19	ΤΡΙΠΟΤΑΜΟΣ	19.8	178.4	49.4	278.6	153.2	161.2	59.7	28.4	12.5	1.5	0	16.2
20	ΤΡΟΒΑΤΟ	2.8	210	101.7	595.2	202.4	216.3	83.3	113.7	21.5	36.9	5.9	9.7
21	ΦΟΥΣΙΑΝΑ	5.7	123.4	47.5	375.9	103.5	211.4	83.4	52.5	1	15.7	6.2	6.4

Πίνακας 2 (συνέχεια)

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΟΚΤ_85	ΝΟΕ_85	ΔΕΚ_85	ΙΑΝ_86	ΦΕΒ_86	ΜΑΡ_86	ΑΠΡ_86	ΜΑΙ_86	ΙΟΥΝ_86	ΙΟΥΛ_86	ΑΥΓ_86	ΣΕΠΤ_86
1	ΑΓ.ΒΑΣΙΛΙΟΣ	29.5	247.7	31.2	162	131.3	173	55	154	255	10.7	10	18
2	ΑΝΙΑΔΑ	63.5	402.3	31.6	309	372.6	95.6	100.9	80.4	72.6	40.4	5	12.3
3	ΑΡΑΧΩΒΑ	38.6	414	31.5	325.7	159.4	55.9	98.6	79.2	55.7	42.6	10.2	0
4	ΒΑΚΑΡΙΟ	86.2	470.7	72	263	400.4	97.3	97.8	71.4	64.5	54.5	12.6	44.6
5	ΒΡΑΓΚΙΑΝΑ	67	330.9	64.8	287.6	371.1	82.9	62.2	69.2	50.6	34.3	15	19
6	ΓΕΦ.ΕΠΕΣΚΟΠΗΣ	43.1	378.4	24.7	183.5	270.1	77.3	103.6	36	49	58.5	16	20
7	ΓΡΑΜΜΕΝΗ ΟΕΥΑ	75.4	270.8	50.9	234.6	234.2	82	70.4	74.4	62.9	89.6	4.3	8.7
8	ΔΡΥΜΩΝΑΣ	119.9	424.9	48.7	282.1	331.9	54.5	97.5	92	64	66	20.8	2.5
9	ΕΠΙΝΙΑΝΑ	60.6	613.1	95.8	462.5	351.5	87.7	156.1	116.6	55.6	49.1	1.8	16.4
10	ΚΑΡΙΠΕΝΗΣΙ	34.9	252.6	39.6	153.4	202.9	72.1	143.7	81.3	43.3	40.7	15.2	7.9
11	ΚΡΕΜΑΣΤΑ	48.1	423.9	38.6	256.2	266.1	86.6	94.1	61.6	40.8	65.4	0.4	16.4
12	ΚΡΙΚΕΛΟ	64.5	347.7	34.6	372.3	329.5	85.8	73.2	77.2	55.5	44.5	3.7	7.6
13	ΜΑΥΡΟΜΑΤΑ	77.9	530.5	135.9	446.2	402.1	121.8	214.1	73.7	108	51.2	1.3	4.3
14	ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ	54.7	424.7	77.9	692.5	360.2	85.4	132.9	103.6	40.5	98.7	27.2	21.9
15	ΝΕΟΧΩΡΙ	112.9	409.5	82.5	273.2	347.7	161.7	162.8	165	55.3	36	18.8	34.4
16	ΠΑΠΑΡΟΥΣΙ	47.7	312.7	36	184.2	258.9	80.6	81.8	68.3	52.1	42.7	13.5	28.2
17	ΠΙΤΣΙΩΤΑ	110.6	284.4	45.8	114.1	292.8	129.8	93.2	78.6	67.6	33.2	18.6	9.2
18	ΤΕΜΠΛΑ	55.5	392.8	45.2	228.4	287.3	78.6	80.9	91.5	71.6	72.5	45.5	7.4
19	ΤΡΙΠΟΤΑΜΟΣ	46.7	337.4	23.3	253.2	208	73.8	92.9	26.3	36.8	46.5	46.2	6.1
20	ΤΡΟΒΑΤΟ	22.8	496.1	110	427.7	460.3	67.8	129.3	72.5	54.6	27.9	0	34.6
21	ΦΟΥΣΙΑΝΑ	58.9	365.5	51.5	283.7	308.7	80.2	77	87.6	61.6	37.1	3.8	42

Πίνακας 2 (συνέχεια)

Α/Α	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΟΚΤ_86	ΝΟΕ_86	ΔΕΚ_86	ΙΑΝ_87	ΦΕΒ_87	ΜΑΡ_87	ΑΠΡ_87	ΜΑΙ_87	ΙΟΥΝ_87	ΙΟΥΛ_87	ΑΥΓ_87	ΣΕΠΤ_87
1	ΑΓ.ΒΛΑΣΙΟΣ	93	44	56	179.2	165.5	311.3	48.4	50.3	75	0	1.3	20
2	ΑΝΙΑΔΑ	73.3	50.9	164.8	282.8	147.8	286.3	114.9	76.1	58.9	2.4	6.6	9.2
3	ΑΡΑΧΩΒΑ	65	15.2	206	235.6	86.5	245.3	87.8	54.4	38.6	0	36.5	4
4	ΒΑΚΑΡΙΟ	111.4	75.9	213	298.3	146.4	307.2	42.2	109.4	31	94.2	13.3	16.5
5	ΒΡΑΓΚΙΑΝΑ	39.4	61.3	158.3	244.9	157.2	281.8	81.7	76.3	43.7	32	17.5	7.2
6	ΓΕΦ.ΕΠΕΣΚΟΠΗΣ	23.8	27.6	65.7	159.6	111.8	210.3	103.7	76.6	96.5	0.6	7.8	2.2
7	ΓΡΑΜΜΕΝΗ ΟΕΥΑ	69.5	55.2	141.6	200.1	103.1	247	120.6	43.5	50.8	32.1	45.8	14.8
8	ΔΡΥΜΩΝΑΣ	84	40.5	146.7	237.1	151.5	235.2	73.9	78.8	57.5	1.3	52.1	8.6
9	ΕΠΙΝΙΑΝΑ	83.5	55.4	256.9	355.5	108.6	333.9	84.4	104.4	43.7	1.1	22.6	27.2
10	ΚΑΡΙΠΕΝΗΣΙ	122.7	42.8	164.5	261.3	107.2	208.2	107.6	86.9	88.6	9.6	5	2.1
11	ΚΡΕΜΑΣΤΑ	53.8	58.3	107.6	127.5	146.2	239.2	94.9	70	81.7	15.2	2.4	3.7
12	ΚΡΙΚΕΛΟ	85	46.3	218.8	352.6	144.3	325.3	84.4	73.7	77.1	2.1	19.4	10.4
13	ΜΑΥΡΟΜΑΤΑ	103	81.7	287.7	339.1	119.5	298.9	115.5	92.1	54.9	0	40.5	16.2
14	ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ	61.8	29.8	258.3	342.1	101.8	294.9	48.6	107.2	55	9	58.2	27.9
15	ΝΕΟΧΩΡΙ	197.9	67.5	227.8	313.1	143.6	264.5	117	60.7	49.4	10.8	14.2	8.4
16	ΠΑΠΑΡΟΥΣΙ	43.3	29.5	121.6	184	112.9	239.5	84.1	82.8	51	0.4	10.5	5
17	ΠΙΤΣΙΩΤΑ	128.6	54.2	169.8	158	49.4	276.6	88.6	52.6	22.8	5	19.6	1.6
18	ΤΕΜΠΛΑ	61.8	57.2	149	278.1	101	167.6	36.5	70	36.9	27	15.5	40.5
19	ΤΡΙΠΟΤΑΜΟΣ	43.2	41.1	115.7	158	112.6	243.9	69.2	67.6	48.3	35.4	1.3	1.5
20	ΤΡΟΒΑΤΟ	94.5	58.3	212.5	516.7	138.5	250.6	119.3	103.7	36.8	14.6	63.4	14.1
21	ΦΟΥΣΙΑΝΑ	43	55.1	123.3	245.1	161.1	166.5	80.7	74.5	50	5.7	22.6	30.1

Πίνακας 2 (συνέχεια)

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΟΚΤ_87	ΝΟΕ_87	ΔΕΚ_87	ΙΑΝ_88	ΦΕΒ_88	ΜΑΡ_88	ΑΠΡ_88	ΜΑΙ_88	ΙΟΥΝ_88	ΙΟΥΛ_88	ΑΥΓ_88	ΣΕΠΤ_88
1	ΑΓ.ΒΛΑΣΙΟΣ	234.8	194.5	114	65.5	89.2	200.1	150.2	75.3	7	0	0	48.1
2	ΑΝΙΑΔΑ	199.5	274.4	143.7	117.7	293.5	130.5	94.3	19.2	18.3	0	4.4	25.4
3	ΑΡΑΧΩΒΑ	139.2	242.9	183.4	103.6	168.6	97.9	87.7	7	13	0	7.5	15.3
4	ΒΑΚΑΡΙΟ	279.8	337.5	171.2	73.7	246.4	132.1	92	15.4	4.5	5.9	15.4	78.7
5	ΒΡΑΓΚΙΑΝΑ	193.7	347.4	148.1	69.5	165.4	123.3	90.6	13.7	36	0	20.2	30
6	ΓΕΦ.ΕΠΕΣΚΟΠΗΣ	192.2	295.6	110.5	70.3	167.8	112.3	51.1	3.3	10.4	0	17.6	11.4
7	ΓΡΑΜΜΕΝΗ ΟΕΥΑ	136.8	224.4	135.1	90.1	270.4	149.1	52.1	29.7	13.9	0	17.5	29.1
8	ΔΡΥΜΩΝΑΣ	177.5	233.8	232.6	111.6	179.3	107.4	88.6	9.7	7.2	0	0	36
9	ΕΠΙΝΙΑΝΑ	241.9	312.2	261.7	115.4	254.7	167.8	85.5	28.9	42.8	0	13.1	23.7
10	ΚΑΡΙΠΕΝΗΣΙ	186.2	215.4	163.8	102.3	205.2	149.1	77.2	19.8	20.2	0	29.5	19.8
11	ΚΡΕΜΑΣΤΑ	174.7	322.9	204.6	79	158.1	95.7	74.9	5.1	14.7	0	0.6	11
12	ΚΡΙΚΕΛΟ	171.9	270.5	159.8	107.8	299.9	178	87.6	18.5	17.9	0	2.2	25.1
13	ΜΑΥΡΟΜΑΤΑ	260.8	278.1	247.7	174	292.1	190	95.5	4.2	25.6	11	6.8	19.5
14	ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ	255	332.9	181.6	113.1	250.5	173.4	89.3	12.8	15.5	0	68.8	21.5
15	ΝΕΟΧΩΡΙ	247.4	231.3	188.1	146.1	191.8	162.4	105.8	50.8	14.4	1.2	0.8	23.9
16	ΠΑΠΑΡΟΥΣΙ	208.7	210.3	121.1	69.2	178.1	147	63.8	17.5	19.2	0	42.5	24.6
17	ΠΗΤΣΙΩΤΑ	186	190.2	112.4	142.2	245.4	104.4	58	38.4	16.6	0	1.2	17.4
18	ΤΕΜΠΛΑ	229	269.1	167.4	77.6	151	114.8	90	7	20	0	0	34.5
19	ΤΡΙΠΟΤΑΜΟΣ	187.2	259.1	140.2	71	148.7	108.2	65.6	3.8	11.9	0	12.6	19.4
20	ΤΡΟΒΑΤΟ	254.7	356.4	279.1	114.2	288.8	126.2	90.3	9.7	23.4	0	10.5	35.2
21	ΦΟΥΣΙΑΝΑ	199.3	318.3	197.9	104.6	169.8	120.7	97	9.8	18.7	3.6	65.3	18.6

Πίνακας 3: Μετρήσεις μέσων μηνιαίων σχετικών υγρασιών (σε %) σταθμού Κρεμαστών *

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	ΜΑΡΤΙΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ
1979-80	72	79	78	78	72	74	73	71	62	56	62	70
1980-81	74	80	79	70	74	73	67	68	58	54	59	66
1981-82	76	78	85	74	70	71	73	65	57	57	62	63
1982-83	75	77	80	75	73	69	65	59	64	64	61	67
1983-84	72	80	79	82	80	76	76	62	52	50	63	68
1984-85	67	72	70	76	70	72	67	59	54	54	52	55
1985-86	62	80	74	77	75	72	60	63	60	62	58	56
1986-87	68	69	72	74	70	67	64	64	58	57	61	62
1987-88	73	77	78	76	69	71	66	58	55			

* Πηγή: Έκτίμηση και διαχείριση των υδατικών πόρων της Στερεάς Ελλάδας. Τεύχος 4: Ισοζύγια Ταμειυτήρων'. Σ.Ρώτη. Χ.Ανυφαντή. 1992.

Πίνακας 4: Μετρήσεις μηνιαίων τιμών ηλιοφάνειας Κρεμαστών*

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	ΜΑΡΤΙΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ
1979-80	179.9	128.1	136.2	87.1	152.5	150.5	204.2	203.1	308.3	390	331.3	269.5
1980-81	165.5	150.2	132.4	86.7	134.2	204.2	239.8	266.1	336	367.9	317	263
1981-82	204.4	173.9	72.6	146.6	144.6	170.3	170.4	259.8	351.7	356.1	316.2	273.6
1982-83	184	153.9	112.6	161.7	130	182.4	237.2	297.6	266.6	335.1	317.4	267.9
1983-84	211.5	99.5	106.7	119.3	87.3	158.3	139.4	284.1	349.3	391.9	317.6	260.7
1984-85	233.5	151.8	127.6	98.6	119.6	143.2	202	262.3	365.8	365	353.9	293.7
1985-86	232.6	108.6	142.9	96	87.4	124.2	236	253.3	290.7	346.6	344.4	253.4
1986-87	188.5	206.4	128.4	98.5	100.4	163.7	212.5	235.9	314.9	333.3	336.8	257
1987-88	157.2	110.4	134.6	100.8	137.5	157.9	174	250.9	280.5			

* Πηγή: 'Εκτίμηση και διαχείριση των υδατικών πόρων της Στερεάς Ελλάδας. Τεύχος 4: Ισοζύγια Ταμευτήρων'. Σ.Ρώτη. Χ.Ανυφαντή. 1992.

Πίνακας 5: Μετρήσεις μέσων μηνιαίων ταχυτήτων ανέμου (m/s) σταθμού Κρεμαστών*

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	ΜΑΡΤΙΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ
1979-80	2.2	2.2	1.9	2.4	3.3	2.8	2.4	2.3	2.2	1.5	2.5	1.5
1980-81	1.8	1.4	3	4	3	2.5	3.2	3.2	2.2	3.3	3.3	1.6
1981-82	1.6	1.6	3.4	3	3.1	3.4	2.6	2.1	2.8	3.3	2.7	3.3
1982-83	2.5	2.2	3.3	2	3.3	3.4	3.2	3.4	3.5	2.8	2.9	3.3
1983-84	1.9	1.9	1.5	1.6	2.3	2.5	2.8	2.9	3.3	2.9	2.2	1.9
1984-85	1.5	1.6	1.6	3.3	1.6	2.2	2.5	2.2	2.5	3	3.3	2.4
1985-86	1.6	1.5	1.5	2.2	3.4	3.3	3.7	3	3.4	2.1	3.1	2.5
1986-87	1.6	1.6	2	3.7	3.4	3.3	3.3	2.4	2	3.3	2.1	2.4
1987-88	2.8	3.6	2.4	3	4	3.6	3	2.6	2.8			

* Πηγή: Έκτιμηση και διαχείριση των υδατικών πόρων της Στερεάς Ελλάδας, Τεύχος 4: Ισοζύγια Ταμιευτήρων' Σ.Ρώτη, Χ.Ανυφαντή, 1992.

Πίνακας 6: Μετρήσεις μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών (°C) σταθμού Κρεμαστών*

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	ΜΑΡΤΙΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ
1979-80	16.8	11.6	8.3	5.1	6.3	8.8	11.7	15.5	21	25	25.6	22.6
1980-81	16.9	13	8.2	3.8	6.6	12	14.2	16.9	23.7	24.6	25	22.4
1981-82	18.9	10.1	8.9	8.2	5.9	8.3	12.2	17.8	23.2	25.2	26.2	21.8
1982-83	17.3	11.3	7.9	6.4	4.9	9.7	15.2	19.5	20.4	25.2	24.1	21.7
1983-84	16.6	11.3	8	7.5	7.3	8.7	11.5	18.5	21.9	25	23.9	21.2
1984-85	19.9	12.5	8	7.3	5.8	9.4	13.8	20	22.3	26.1	26.2	23.1
1985-86	16	12.5	9.5	7	7	9.8	15	18.4	22.5	25	26.5	23.1
1986-87	17.3	11.6	6.2	7.4	7.8	5.2	12.5	16.3	22.5	27.7	26.5	23.1
1987-88	16.9	11.1	9	8.9	6.9	8.6	13.3	18.7	22.7			25.7

* Πηγή: Έκτιμηση και διαχείριση των υδατικών πόρων της Στερεάς Ελλάδας. Τεύχος 4: Ισοζύγια Ταμιευτήρων'. Σ.Ρώτη, Χ.Ανυφαντή. 1992.

Πίνακας 7: Μετρήσεις μεγίστων μέσων ημερησίων θερμοκρασιών (°C) σταθμού Αγρινίου

ΥΠΟΛΟΓΙΤΙΚΟ ΕΤΟΣ	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	ΜΑΡΤΙΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ
1980-81	24.5	20.6	14.2	10	14.3	19.8	21.7	24.8	32	32.5	32.8	30.7
1981-82	26	17.1	15	14.7	12.7	15.4	19.9	26.1	31.7	32.9	33.5	31.6
1982-83	23.9	18	14	13.9	12.5	17.2	23.1	27.7	28	32.7	31.7	29.1
1983-84	24.1	17.4	14.3	14.2	13.7	15.6	18.1	26.2	29.5	32.4	30.8	28.7
1984-85	26.8	19.1	14.5	13.3	13.4	15.7	21.1	27.5	30.3	33.3	33.6	31.2
1985-86	23.7	18.2	16.2	13.2	13.6	16.3	22.5	26.2	29.5	31.4	33.9	30.9
1986-87	24.4	18.4	12.7	13.3	14.4	12.5	19.4	23.1	29.5	34.5	32.8	32.8
1987-88	22.8	18	15.4	15.5	14	15.6	20.6	26.6	30.3			

Πίνακας 8: Μετρήσεις ελαχίστων μέσων ημερησίων θερμοκρασιών (°C) σταθμού Αγρινίου

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	ΜΑΡΤΙΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ
1980-81	12.2	8.6	3.8	1.9	3.1	5.9	8	11.3	15.7	15.8	15.8	13.9
1981-82	11.8	4.2	6.6	13.4	1.4	8.9	7.7	11.1	14.5	16.3	16.2	13.9
1982-83	11.2	5.4	5.1	0.1	0.8	4.2	7.1	11.5	13.6	17.1	15.7	13.8
1983-84	9.8	8.1	4.7	3.6	5	5.5	7.5	11.9	13.9	15.3	16	13.5
1984-85	10.8	6.9	2.6	4.1	1.9	5.4	7.1	12.6	13.4	12.6	15.1	12.3
1985-86	7	9.2	4.7	4	5.3	6.9	7	12.6	15.5	16.9	16.9	13.8
1986-87	10.2	5.5	0.4	5.2	5.2	2.2	6.9	11.1	15	18.3	17.4	16.1
1987-88	12.2	8	4.1	5.9	2.9	4.1	8	12.6	15.4			

Πίνακας 9: Μέσες μηνιαίες παροχές (m³/s) ταμιευτήρα Κρεμαστών *

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	ΜΑΡΤΙΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ
1980-81	94.7	194.4	399.9	169.7	302.5	261.6	167.0	147.5	69.9	33.1	12.0	13.0
1981-82	52.3	60.5	509.6	119.9	110.3	167.0	225.2	132.4	69.7	32.0	20.0	18.9
1982-83	33.9	129.1	305.0	97.3	169.8	130.1	107.9	50.8	49.8	32.9	18.8	14.2
1983-84	12.0	129.9	191.0	239.7	204.2	182.7	227.9	194.7	35.6	18.1	24.4	26.9
1984-85	15.9	69.2	34.6	289.6	200.9	169.4	205.8	95.6	41.1	21.0	13.3	12.0
1985-86	19.9	195.9	99.8	277.5	357.6	218.5	175.6	90.0	45.0	19.5	25.7	14.4
1986-87	22.9	26.5	51.6	230.4	177.4	190.3	182.9	113.0	65.4	32.7	19.2	14.5
1987-88	50.0	193.7	207.8	82.7	148.1	204.9	128.9	51.1	23.4	12.0	17.6	15.1

* Πηγή: ‘Εκτίμηση και διαχείριση των υδατικών πόρων της Στερεάς Ελλάδας, Τεύχος 20: Μελέτη Υδρολογικών Ισοζυγίων’. Ν.Μαμάσης, Ι.Ναλμπάντης, 1995

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

SCRIPT 1: Παρεμβολή IDW

Δημιουργία επιφάνειας βροχής με παρεμβολή IDW χρησιμοποιώντας το DTM της λεκάνης απορροής και ένα πεδίο από πίνακα βροχοπτώσεων ενός coverage σταθμών μέτρησης

```
theProject=av.GetProject  
theView=theProject.FindDoc("View1")  
theGTheme=theView.FindTheme("DTM200") 'κάνναβος υψομέτρου  
theGrid=theGTheme.getGrid  
theFTheme=theView.FindTheme("rainstations2.shp") 'coverage σταθμών
```

```
'παράμετροι για την συνάρτηση IDW  
aRadius=Radius.MakeFixed(2000,21)  
aPower=2
```

```
TheInterp=Interp.MakeIDW(aPower,aRadius,Nil)
```

```
'παράμετροι για τη συνάρτηση δημιουργίας καννάβου με παρεμβολή  
themeFtab=theFTheme.GetFtab  
theField=themeFtab.FindField("value") 'πεδίο με βροχόπτωση  
'myfile="thefield".asfilename  
'NewFtab=Ftab.MakeNew(myfile,point)
```

```
aPrj=Prj.MakeNull  
Size=grid.setAnalysisCellSize(#GRID_ENVTYPE_VALUE,200)  
aRect=Rect.MakeXY(252974,4285899,321574,4398499)  
Extent=grid.setAnalysisExtent(#GRID_ENVTYPE_VALUE,aRect)  
mylist={Size,Extent}
```

```
okt80=Grid.MakeByInterpolation(themeFtab ,aPrj ,theField ,TheInterp ,mylist)
```

```
theGTheme=Gtheme.Make(okt80) 'δημιουργία και εμφάνιση της επιφάνειας βροχής στο view  
theView.AddTheme(theGTheme)  
theGTheme.setName("okt_80")
```


**SCRIPT 2: Αφαίρεση μεταξύ καννάβων
κόψιμο της επιφάνειας στα όρια της λεκάνης**

```
theProject=av.GetProject  
theView=theProject.FindDoc("View1")  
theGTheme1=theView.FindTheme("okt_80") '1ος κάνναβος  
theGTheme2=theView.FindTheme("mask") '2ος κάνναβος  
theGrid=theGTheme1.getGrid  
theMask=theGTheme2.getGrid
```

```
newGrid=theGrid-theMask
```

```
theGTheme=Gtheme.Make(newGrid)  
theView.AddTheme(theGTheme)  
theGTheme.setName("dokimastiko")
```

SCRIPT 3: Σύνδεση (Joining) Πινάκων

theView=av.GetProject.FindDoc("View1")

πίνακας 1ος υπάρχων

themeFtab=theView.FindTheme("rainstations2.shp").GetFtab

πίνακας 2ος από αρχείο

theFilename="C:\Thesis\jtable.txt".asFilename

theVtab=Vtab.Make(theFilename,false,false) *πρώτα δημιουργούμε τον Vtab
και μετά τον πίνακά του*

myTable=Table.Make(theVtab)

όρισμός του κοινού πεδίου και στους δύο πίνακες

Field1=themeFtab.FindField("station")

Field2=theVtab.FindField("station")

themeFtab.Join(Field1,theVtab,Field2)

SCRIPT 4: Παρεμβολή IDW (Παραλλαγή)

δημιουργία επιφάνειας με παρεμβολή στα όρια της λεκάνης

```
theProject=av.GetProject
theView=theProject.FindDoc("View1")
theGTheme1=theView.FindTheme("DTM200")
theGTheme2=theView.FindTheme("mask")
theGrid=theGTheme1.getGrid
theFTheme=theView.FindTheme("rainstations2.shp")

aRadius=Radius.MakeFixed(50000,12)
aPower=2
TheInterp=Interp.MakeIDW(aPower,aRadius,Nil)

themeFtab=theFTheme.GetFtab
theField=themeFtab.FindField("okt_80")
aPrj=Prj.MakeNull
Size=grid.setAnalysisCellSize(#GRID_ENVTYPE_VALUE,200)
aRect=Rect.MakeXY(252974,4285899,321574,4398499)
Extent=grid.setAnalysisExtent(#GRID_ENVTYPE_VALUE,aRect)
mylist={Size,Extent}
okt80=Grid.MakeByInterpolation(themeFtab ,aPrj ,theField ,TheInterp ,mylist)

theGTheme=Gtheme.Make(okt80)
'theView.AddTheme(theGTheme)
theGTheme.setName("okt-80")
Theokt80=theGTheme.getGrid
theMask=theGTheme2.getGrid

finalGrid=Theokt80-theMask

theGTheme=Gtheme.Make(finalGrid)
theView.AddTheme(theGTheme)
theGTheme.setName("OKT80")
```

SCRIPT 5: Παρεμβολή KRIGING

**‘Δημιουργία επιφάνειας βροχής με παρεμβολή KRIGING χρησιμοποιώντας το
‘DTM της λεκάνης απορροής και ένα πεδίο από πίνακα βροχοπτώσεων ενός
‘coverage σταθμών μέτρησης**

```
theProject=av.GetProject  
theView=theProject.FindDoc("View1")  
theGTheme=theView.FindTheme("DTM200")  
theGrid=theGTheme.getGrid  
theFTheme=theView.FindTheme("rainstations2.shp")
```

‘παράμετροι παρεμβολής KRIGING

```
aType=#KRIGING_UNIVERSAL2  
aRadius=Radius.MakeFixed(50000,12)  
'outVarGridFN="C:\thesis\dedomena\okt2_80".asFileName
```

```
aInterp=Interp.MakeKriging(aType,aRadius,Nil,Nil)
```

‘παράμετροι για τη συνάρτηση δημιουργίας καννάβου με παρεμβολή

```
themeFtab=theFTheme.GetFtab  
theField=themeFtab.FindField("okt_80") 'ορισμός πεδίου βροχόπτωσης  
aPrj=Prj.MakeNull  
Size=grid.setAnalysisCellSize(#GRID_ENVTYPE_VALUE,1000)  
aRect=Rect.MakeXY(252974,4285899,321574,4398499)  
Extent=grid.setAnalysisExtent(#GRID_ENVTYPE_VALUE,aRect)  
mylist={Size,Extent}
```

```
okt2_80=Grid.MakeByInterpolation(themeFtab ,aPrj ,theField ,aInterp ,mylist)
```

```
theGTheme=Gtheme.Make(okt2_80) 'εμφάνιση του grid στο view  
theView.AddTheme(theGTheme)  
theGTheme.setName("okt2_80")
```


SCRIPT 6: Κάνναβοι θερμοκρασιών

Άναγωγή της θερμοκρασίας στο υψόμετρο της λεκάνης με γνωστή θερμοβαθμίδα.

Υπολογισμός ενός καννάβου

theProject=av.GetProject

theView=theProject.FindDoc("View1")

theGTheme=theView.FindTheme("DTM2000")

theGrid=theGTheme.getGrid *όρισμός καννάβου υψομέτρων*

themeFtab=theView.FindTheme("Karpenisi.shp").GetFtab

aField=themeFtab.FindField("noe_80") *όρισμός πεδίου θερμοκρασιών*

val=themeFtab.ReturnValue(aField,0) *όρισμός της πρώτης εγγραφής του πεδίου*
'msgbox.info(val.asstring,"")

newGrid=5.76.asGrid+(0.006.asGrid*theGrid)+val.asGrid *εφαρμογή του τύπου*
αναγωγής

theGTheme=Gtheme.Make(newGrid)

theView.AddTheme(theGTheme)

theGTheme.setName("tempNOE_80")

SCRIPT 7: Change resolution

**Άλλαγή της διάστασης των κυττάρων καννάβου
(16/7/99)**

```
theProject=av.GetProject  
theView=theProject.FindDoc("View1")  
theGTheme=theView.FindTheme("OKT80_IDW")  
theGrid=theGTheme.getGrid
```

```
    'εντολή αλλαγής διάστασης  
newGrid=theGrid.Resample(2000,#GRID_RESTYPE_CUBIC)
```

```
theGTheme=GTheme.Make(newGrid)  
theView.AddTheme(theGTheme)  
theGTheme.setName("OKT80_IDW2000")
```


SCRIPT 8: 120 GRIDS Βροχής

**'Δημιουργία 120 καννάβων βροχής με τη μέθοδο KRIGING
'(16/7/99)**

```
theProject=av.GetProject
theView=theProject.FindDoc("View1")
theGTheme=theView.FindTheme("mask2000")    'κάνναβος υψομέτρου
theMask=theGTheme.GetGrid
    'theFtheme1=theView.FindTheme("rainstations2.shp")
theFTheme2=theView.FindTheme("rainstations3.shp")    'coverage σταθμών
```

```
aType=#KRIGING_UNIVERSAL1
aRadius=Radius.MakeFixed(50000,12)
    'outVarGridFN="C:\thesis\dedomena\okt2_80".asFileName
aInterp=Interp.MakeKriging(aType,aRadius,Nil,Nil)
```

```
themeFtab2=theFTheme2.GetFtab    'πίνακας βροχοπτώσεων
    'σβήνω λοιπά πεδία και αφήνω μόνο βροχές και shape field
theFields=themeFtab2.GetFields
    For each i in 1..3
        theFields.Remove(1)
    End
```

```
For each theField in theFields
    'αποκλείω από την ολοκλήρωση το shape field
    If (not(theField.IsTypeShape)) then
```

```
        aPrj=Prj.MakeNull
        Size=grid.setAnalysisCellSize(#GRID_ENVTYPE_VALUE,2000)
        aRect=Rect.MakeXY(252974,4285899,321574,4398499)
        Extent=grid.setAnalysisExtent(#GRID_ENVTYPE_VALUE,aRect)
        mylist={Size,Extent}
        tempGrid=Grid.MakeByInterpolation(themeFtab2,aPrj,theField,aInterp,mylist)
```

```
    theGTheme=Gtheme.Make(tempGrid)
    'theView.AddTheme(theGTheme)
    aGrid=theGTheme.GetGrid
```

```
    finalGrid=aGrid-theMask
```

```
    theGTheme=Gtheme.Make(finalGrid)
    theView.AddTheme(theGTheme)
    theGTheme.setName(theField.GetName)
```

```
End
```

```
End
```

SCRIPT 9: YPOLOGISMOI EXATMISHS

‘Πρόσθεση πεδίων στον πίνακα του καννάβου υψομέτρου με εγγραφές που
‘προκύπτουν με εφαρμογή τύπου αναγωγής της εξάτμισης στο υψόμετρο της
‘λεκάνης
‘(20/7/99)

```
theProject=av.GetProject
theView=theProject.FindDoc("EXATMISEIS")
theGTheme=theView.FindTheme("DTM2000")
theGrid=theGTheme.GetGrid           'ορισμός καννάβου υψομέτρου
GridVtab=theGTheme.GetVtab          'ορισμός πίνακα καννάβου
theField=GridVtab.FindField("value")
GridVtab.SetEditable(true)          'εντολή για να μπορώ να επέμβω στον πίνακα
```

```
expr_okt={-0.013,64.135}
expr_noe={-0.0074,31.388}
expr_dek={-0.005,18.131}
expr_ian={-0.0053,24.086}
expr_feb={-0.0091,43.869}
expr_mar={-0.0118,61.799}
expr_apr={-0.0158,89.293}
expr_mai={-0.0183,114.21}
expr_jun={-0.0245,161.48}
expr_jul={-0.0284,183.55}
expr_aug={-0.0284,174.33}
expr_sept={-0.0215,112.77}
lista={expr_okt, expr_noe, expr_dek, expr_ian, expr_feb, expr_mar, expr_apr,
expr_mai, expr_jun, expr_jul, expr_aug, expr_sept}
```

For each i in 0..11

```
    'για κάθε i προσθέτω ένα πεδίο στον πίνακα που το ονομάζω i
    fld=Field.Make(i.asString, #FIELD_DOUBLE, 8, 3)
    GridVtab.AddFields({fld})
```

For each rec in GridVtab

```
    'παίρνω μία-μία τις τιμές των υψομέτρων
    x=GridVtab.ReturnValue(theField,rec)
    'παίρνει και υπολογίζει με κάθε μία από τις 12 σχέσεις τις εξάτμισεις σε κάθε
    'υψόμετρο
    expr=lista.Get(i)
    y=expr.Get(0)*x+expr.Get(1)
    'γεμίζει κάθε πεδίο i με τις τιμές εξάτμισης
    GridVtab.SetValue(fld,rec,y)
```

End

End

SCRIPT 10: GRIDS THERMOKRASIAS

**'Δημιουργία καννάβων μέσης θερμοκρασίας
'(21/7/99)**

```
theProject=av.GetProject  
theView=theProject.FindDoc("THERMOKRASIES")  
theGTheme=theView.FindTheme("DTM2000")  
theGrid=theGTheme.getGrid
```

```
themeFtab=theView.FindTheme("krem_station.shp").GetFtab  
theFields=themeFtab.GetFields
```

```
'For each i in 1..3  
  'theFields.Remove(1)  
'End
```

```
For each theField in theFields  
  If (not(theField.IsTypeShape)) then
```

```
    val=themeFtab.ReturnValue(theField,0)  
    'msgbox.info(val.asstring,"")
```

```
    newGrid=2.34.asGrid-(0.006.asGrid*theGrid)+val.asGrid
```

```
    theGTheme=Gtheme.Make(newGrid)  
    theView.AddTheme(theGTheme)  
    theGTheme.setName(theField.GetName)  
  End
```

```
End
```


SCRIPT 11: GRIDS EXATMISHS OKTOBER

'Δημιουργία καννάβων εξάτμισης ανά μήνα με βάση τη σχέση εξάτμισης-θερμοκρασίας-υψομέτρου του μήνα. Εδώ ενδεικτικά ο μήνας Οκτώβριος (28/8/99)

```
theProject=av.GetProject  
theView=theProject.FindDoc("EXATMISEIS")  
theGTheme=theView.FindTheme("DTM2000")  
theGrid=theGTheme.getGrid
```

```
themeFtab=theView.FindTheme("krem_station1.shp").GetFtab  
theFields=themeFtab.GetFields
```

```
'επιλογή των πεδίων με θερμοκρασίες Οκτωβρίου από των πίνακα των θερμοκρασιών  
f1=themeFtab.FindField("tempokt_80")  
f2=themeFtab.FindField("tempokt_81")  
f3=themeFtab.FindField("tempokt_82")  
f4=themeFtab.FindField("tempokt_83")  
f5=themeFtab.FindField("tempokt_84")  
f6=themeFtab.FindField("tempokt_85")  
f7=themeFtab.FindField("tempokt_86")  
f8=themeFtab.FindField("tempokt_87")
```

```
alist={f1,f2,f3,f4,f5,f6,f7,f8} 'δημιουργία λίστας με τα πεδία των θερμοκρασιών
```

```
For each i in 0..7
```

```
    val=themeFtab.ReturnValue(alist.Get(i),0)
```

```
    'σχέση εξάτμισης-θερμοκρασίας-υψομέτρου
```

```
    newGrid=(1.367.asGrid*val.asGrid)-(0.0134.asGrid*theGrid)+40.488.asGrid
```

```
    theGTheme=GTheme.Make(newGrid)
```

```
    theView.AddTheme(theGTheme)
```

```
    theGTheme.setName(alist.Get(i).GetName)
```

```
End
```

SCRIPT 12: 93 GRIDS MAX THERMOKRASIAS

**Δημιουργία καννάβων μέγιστης θερμοκρασίας με υψομετρική αναγωγή
'(30/7/99)**

```
theProject=av.GetProject
theView=theProject.FindDoc("MAX THERMOKRASIES 93")
theGTheme=theView.FindTheme("DTM2000")
theGrid=theGTheme.getGrid
```

```
themeFtab=theView.FindTheme("Agrinio_max.shp").GetFtab
theFields=themeFtab.GetFields
```

```
  'For each i in 1..3
    'theFields.Remove(1)
  'End
```

```
For each theField in theFields
  If (not(theField.IsTypeShape)) then
```

```
    val=themeFtab.ReturnValue(theField,0)
    'msgbox.info(val.asstring,"")
```

```
    'θερμοβαθμίδα 0.007m/C
    newGrid=0.329.asGrid-(0.007.asGrid*theGrid)+val.asGrid
```

```
    theGTheme=Gtheme.Make(newGrid)
    theView.AddTheme(theGTheme)
    theGTheme.setName(theField.GetName)
  End
End
```

SCRIPT 13: 93 GRIDS MIN THERMOKRASIAS

**Δημιουργία καννάβων ελάχιστης θερμοκρασίας με υψομετρική αναγωγή
'(30/7/99)**

```
theProject=av.GetProject  
theView=theProject.FindDoc("MIN THERMOKRASIES 93")  
theGTheme=theView.FindTheme("DTM2000")  
theGrid=theGTheme.getGrid
```

```
themeFtab=theView.FindTheme("Agr_min.shp").GetFtab  
theFields=themeFtab.GetFields
```

```
'For each i in 1..3  
  'theFields.Remove(1)  
'End
```

```
For each theField in theFields  
  If (not(theField.IsTypeShape)) then
```

```
    val=themeFtab.ReturnValue(theField,0)  
    'msgbox.info(val.asstring,"")
```

```
    'θερμοβαθμίδα 0.003m/C  
    newGrid=0.141.asGrid-(0.003.asGrid*theGrid)+val.asGrid
```

```
    theGTheme=Gtheme.Make(newGrid)  
    theView.AddTheme(theGTheme)  
    theGTheme.setName(theField.GetName)  
  End  
End
```


SCRIPT 14: SYNTELESTES XIONIOY

**Δημιουργία καννάβου συντελεστών χιονιού με βάση τη μέγιστη και ελάχιστη
θερμοκρασία
(3/8/99)**

```
theProject=av.GetProject  
theView1=theProject.FindDoc("MAX THERMOKRASIES 93")  
theView2=theProject.FindDoc("MIN THERMOKRASIES 93")  
theView3=theProject.FindDoc("SNOW COEFFICIENTS")  
theGTheme1=theView1.FindTheme("MAXNOE_80")  
theGTheme2=theView2.FindTheme("MINNOE_80")
```

ορισμός καννάβων μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας
gdr1=theGTheme1.getGrid
gdr2=theGTheme2.getGrid

βοηθητικός κάνναβος για συνθήκη Tmin>0
aGrid=gdr2>=0.asGrid
theGTheme=Gtheme.Make(aGrid)
theVtab1=theGtheme.GetVtab
f1=theVtab1.FindField("Value")
val1=theVtab1.ReturnValue(f1,0)
val2=theVtab1.ReturnValue(f1,1)

βοηθητικός κάνναβος για συνθήκη Tmax>0
bGrid=gdr1>=0.asGrid
theGTheme=Gtheme.Make(bGrid)
theVtab2=theGtheme.GetVtab
f2=theVtab2.FindField("Value")
val3=theVtab2.ReturnValue(f2,0)
val4=theVtab2.ReturnValue(f2,1)

```
If (val1=1) then  
    SnowCoef=gdr2*0.asGrid  
  
Elseif (val3=1) then  
    SnowCoef=gdr2*0.asGrid+1.asGrid  
  
Else  
    SnowCoef=gdr2/(gdr1-gdr2)  
End
```

```
theGTheme=Gtheme.Make(SnowCoef)  
theView3.AddTheme(theGTheme)  
theGTheme.setName("SC_NOE80")
```

SCRIPT 15: ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΙ ΚΑΝΝΑΒΟΙ

**'Διαχωρισμός σε κύτταρα βροχής, χιονιού και βροχής – χιονιού
'(3/8/99)**

```
theProject=av.GetProject  
theView1=theProject.FindDoc("MAX THERMOKRASIES 93")  
theView2=theProject.FindDoc("MIN THERMOKRASIES 93")  
theView3=theProject.FindDoc("XIONI")  
theGTheme1=theView1.FindTheme("MAXMAR_88")  
theGTheme2=theView2.FindTheme("MINMAR_88")  
gdr1=theGTheme1.getGrid  
gdr2=theGTheme2.getGrid
```

```
    'περίπτωση Tmax>=0  
aGrid=gdr1>=0.asGrid  
    'περίπτωση Tmin<0  
bGrid=gdr2<0.asgrid  
cGrid=aGrid-bGrid
```

```
theGTheme=Gtheme.Make(cGrid)  
theView3.AddTheme(theGTheme)  
theGTheme.setName("MAR88(max-min)")
```

SCRIPT 16: ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΙ ΚΑΝΝΑΒΟΙ

**'Διαχωρισμός cells που περιέχουν μόνο χιόνι και βροχή-χιόνι
'C.M. (4/8/99)**

```
theProject=av.GetProject  
theView=theProject.FindDoc("XIONI")  
theGTheme=theView.FindTheme("MAR88(max-min)")  
theGrid=theGTheme.GetGrid
```

```
    outGrid=(theGrid=1.asGrid).SetNull(theGrid)
```

```
theGTheme=GTheme.Make(outGrid)  
theView.AddTheme(theGTheme)  
theGTheme.setName("MAR88(max-min)_1")
```


SCRIPT 17: ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΙ ΚΑΝΝΑΒΟΙ

'κάνει τον πολ/σμό μεταξύ της κατακρήμνισης και των καννάβων χιονιού,
'χιονιού-βροχής και υπολογίζει το χιόνι στα cells χιονιού μόνο
'(5/8/99)

```
theProject=av.GetProject
theView1=theProject.FindDoc("BROXES 120")
theView2=theProject.FindDoc("XIONI")
theView3=theProject.FindDoc("MONO XIONIA")

theGTheme1=theView1.FindTheme("MAP_88")
theGTheme2=theView2.FindTheme("MAR88(MAX-MIN)_1")

theGrid1=theGTheme1.getGrid
theGrid2=theGTheme2.getGrid

newGrid=theGrid1*(-1.asGrid*theGrid2)

theGTheme=Gtheme.Make(newGrid)
theView3.AddTheme(theGTheme)
theGTheme.setName("MAR88_X1")
```

SCRIPT 18: ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΙ ΚΑΝΝΑΒΟΙ

**'Κάνναβοι με cells που περιέχουν βροχή-χιόνι
'(5/8/99)**

```
theProject=av.GetProject  
theView=theProject.FindDoc("GRIDS DEIKTES")  
theGTheme=theView.FindTheme("MAR88(max-min)")  
theGrid=theGTheme.GetGrid
```

```
    outGrid1=(theGrid=1.asGrid).SetNull(theGrid)  
    outGrid2=(outGrid1=-1.asGrid).SetNull(outGrid1)
```

```
theGTheme=GTheme.Make(outGrid2)  
theView.AddTheme(theGTheme)  
theGTheme.setName("MAR88(max-min)_2")
```

SCRIPT 19: BOHΘHTIKOI KANNABOI

**'υπολογισμός του χιονιού στα cells βροχής-χιονιού
'(5/8/99)**

```
theProject=av.GetProject  
theView=theProject.FindDoc("MASKS")  
theGTheme1=theView.FindTheme("DEK80_precip")  
theGTheme2=theView.FindTheme("SC_DEK80")
```

```
aGrid=theGTheme1.getGrid  
bGrid=theGTheme2.getGrid  
cGrid=bGrid.Abs
```

```
newGrid=aGrid*cGrid
```

```
theGTheme=Gtheme.Make(newGrid)  
theView.AddTheme(theGTheme)  
theGTheme.setName("DEK80_X2")
```


SCRIPT 20: KANNABOI XIONOPTΩΣΗΣ

'Υπολογισμός των επιφανειών χιονόπτωσης
'(25/8/99)

```
theProject=av.GetProject  
theView1=theProject.FindDoc("XIONIA 31")  
theView2=theProject.FindDoc("MONO XIONIA")  
theView3=theProject.FindDoc("SNOW COEFFICIENTS 93")  
theView4=theProject.FindDoc("BROXES 120")  
theView5=theProject.FindDoc("GRIDS DEIKTES")
```

```
theGTheme1=theView1.FindTheme("maska")  
theGTheme2=theView2.FindTheme("DEK86_X1")  
theGTheme3=theView3.FindTheme("SC_DEK86")  
theGTheme4=theView4.FindTheme("δεκ_86")  
theGTheme5=theView5.FindTheme("DEK86(max-min)_2")
```

```
themask=theGTheme1.GetGrid 'ορισμός καννάβου μάσκας στα όρια της λεκάνης  
monoxioni=theGTheme2.GetGrid 'ορισμός βοηθητικού καννάβου με χιόνια μόνο  
cGrid=theGTheme3.GetGrid 'ορισμός καννάβου συντελεστών χιονιού  
dGrid=cGrid.Abs  
eGrid=theGTheme4.GetGrid 'ορισμός καννάβου κατακρήμνισης  
fGrid=theGTheme5.GetGrid 'ορισμός βοηθητικού καννάβου βροχή-χιόνι
```

```
Grid1=eGrid*dGrid  
xioni=Grid1-fGrid
```

```
aGridlist={monoxioni,themask}  
finalGrid=xioni.Merge(aGridlist) 'εντολή ένωσης καννάβων
```

```
theGTheme=GTheme.Make(finalGrid)  
theView1.AddTheme(theGTheme)  
theGTheme.setName("DEK86_SNOW")
```

SCRIPT 21: ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΙ ΚΑΝΝΑΒΟΙ

**'Κάνναβοι με cells που περιέχουν μόνο βροχή
'(5/8/99)**

```
theProject=av.GetProject  
theView=theProject.FindDoc("GRIDS DEIKTES")  
theGTheme=theView.FindTheme("MAR88(max-min)")  
theGrid=theGTheme.GetGrid
```

```
    outGrid1=(theGrid=0.asGrid).SetNull(theGrid)  
    outGrid2=(outGrid1=-1.asGrid).SetNull(outGrid1)
```

```
theGTheme=GTheme.Make(outGrid2)  
theView.AddTheme(theGTheme)  
theGTheme.setName("MAR88(max-min)_3")
```

SCRIPT 22: ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΙ ΚΑΝΝΑΒΟΙ

'Βροχή στα cells βροχή-χιόνι

'(23/8/99)

```
theProject=av.GetProject  
theView=theProject.FindDoc("MASKS")  
theGTheme1=theView.FindTheme("DEK80_precip")  
theGTheme2=theView.FindTheme("SC_DEK80")  
theGTheme3=theView.FindTheme("DEK80(max-min)_2")
```

```
aGrid=theGTheme1.getGrid  
bGrid=theGTheme2.getGrid  
cGrid=bGrid.Abs  
dGrid=theGTheme3.getGrid
```

```
newGrid=aGrid*(1.asGrid-cGrid)  
result=newGrid-dGrid
```

```
theGTheme=Gtheme.Make(result)  
theView.AddTheme(theGTheme)  
theGTheme.setName("DEK80_BROXH")
```


SCRIPT 23: KANNABOI BROXOPTΩΣΗΣ

**'Υπολογίζει τα grids βροχής τους μήνες που έχουμε και χιονόπτωση
'(25/8/99)**

```
theProject=av.GetProject  
theView1=theProject.FindDoc("BROXES 31")  
theView2=theProject.FindDoc("BROXES 120")  
theView3=theProject.FindDoc("SNOW COEFFICIENTS 93")  
theView4=theProject.FindDoc("GRIDS DEIKTES")
```

```
theGTheme2=theView2.FindTheme("MAP_88")  
theGTheme3=theView3.FindTheme("SC_MAR88")  
theGTheme4=theView4.FindTheme("MAR88(max-min)_3")  
theGTheme5=theView4.FindTheme("MAR88(max-min)_2")
```

```
aGrid=theGTheme2.GetGrid  
bGrid=theGTheme3.GetGrid  
cGrid=bGrid.Abs  
dGrid=theGTheme4.GetGrid  
eGrid=theGTheme5.GetGrid
```

```
monobroxi=aGrid*dGrid
```

```
Grid1=aGrid*(1.asGrid-cGrid)  
broxi=Grid1-eGrid
```

```
aGridlist={monobroxi}  
finalGrid=broxi.Merge(aGridlist)
```

```
theGTheme=GTheme.Make(finalGrid)  
theView1.AddTheme(theGTheme)  
theGTheme.setName("MAR88_RAIN")
```

SCRIPT 24: MAXSOILSTOR

**'Δημιουργία του καννάβου μέγιστης εδαφικής υγρασίας MaxSoilStor
'(6/9/99)**

```
theProject=av.GetProject  
theView=theProject.FindDoc("View1")  
theGtheme=theView.FindTheme("mask2000")  
theMask=theGtheme.GetGrid 'ορισμός καννάβου μάσκας στα όρια της λεκάνης
```

```
'παράμετροι για τη δημιουργία του καννάβου  
aPrj=Prj.MakeNull  
Size=Grid.SetAnalysisCellSize(#GRID_ENVTYPE_VALUE,2000)  
aRect=Rect.MakeXY(252974,4285899,321574,4398499)  
Extent=Grid.SetAnalysisExtent(#GRID_ENVTYPE_VALUE,aRect)  
'alist={Size,Extent}
```

```
'εντολή δημιουργίας καννάβου με σταθερή τιμή  
tempGrid=Grid.MakeFromNumb(166.55)  
theGtheme=Gtheme.Make(tempGrid)  
aGrid=theGtheme.GetGrid
```

```
finalGrid=aGrid-theMask 'κόψιμο του νέου καννάβου στα όρια της λεκάνης
```

```
theGtheme=Gtheme.Make(finalGrid)  
theView.AddTheme(theGtheme)  
theGtheme.SetName("kappa")
```

SCRIPT 25: ΔΟΚΙΜΗ ΕΝΤΟΛΩΝ

'Δουλεύουν μονο για ακέραιους καννάβους

'Επιλογή κυττάρων καννάβου με συγκεκριμένο κριτήριο

'(20/10/99)

theProject=av.GetProject

theView=theProject.FindDoc("LANDUSE")

theGtheme=theView.FindTheme("Agrinio_use")

aGrid=theGtheme.GetGrid

'εντολή επιλογής συγκεκριμένων κυττάρων από τον πίνακα του καννάβου

bGrid=aGrid.ExtractByAttributes("([Value>50])")

'εντολή δημιουργίας καννάβου μόνο με τα επιλεγμένα κύτταρα

cGrid=aGrid.Test("([Value>50])")

theGtheme=Gtheme.Make(cGrid)

theView.AddTheme(theGtheme)

theGtheme.SetName("DOKIMI")

SCRIPT 26

'Αντικατάσταση αρνητικών αριθμών με 0
'(22/10/99)

```
theProject=av.GetProject  
theView=theProject.FindDoc("XIONIA")  
theGtheme=theView.FindTheme("MAR81")
```

```
grd1=theGtheme.GetGrid  
grd2=grd1>0.asGrid      'δημιουργία βοηθητικού καννάβου με τιμή 0  
                        'στις αρνητικές τιμές και 1 στις θετικές
```

```
grd3=grd1*grd2          'κάνναβος χωρίς αρνητικές τιμές
```

```
theGtheme=Gtheme.Make(grd3)  
theView.AddTheme(theGtheme)  
theGtheme.SetName("MAR_81")
```

SCRIPT 27

‘Δημιουργία καννάβων θεωρητικής τήξης χιονιού με βάση τη μέση
‘θερμοκρασία
‘(26/10/99)

```
theProject=av.GetProject
theView1=theProject.FindDoc("THERMOKRASIES MESES")
theView2=theProject.FindDoc("MELTED XIONIA")
theGtheme=theView1.FindTheme("MAR81")
Tmesi=theGtheme.GetGrid

helpGrid=Tmesi>0.asGrid  'δημιουργία βοηθητικού καννάβου για τον διαχωρισμό
                          'των κυττάρων που έχουμε λιώσιμο χιονιού
meltedCells=Tmesi*helpGrid  'κάνναβος με θερμοκρασία στα κύτταρα που έχουμε
                             'λιώσιμο χιονιού
DDF=3.asGrid  'παράγων βαθμομερών: 3mm/°C/day

SnowMelt=DDF*meltedCells*31.asGrid

theGtheme=Gtheme.Make(SnowMelt)
theView2.AddTheme(theGtheme)
theGtheme.SetName("MELT_mar81")
```

SCRIPT 28

‘Δεξαμενή χιονιού και πραγματικό λιωμένο χιόνι αφού σταματήσουν οι
‘χιονοπτώσεις
‘29/10/99

```
theProject=av.GetProject
theView=theProject.FindDoc("MELTED XIONIA")
theGtheme1=theView.FindTheme("SnowDeposit_APR81")
theGtheme2=theView.FindTheme("MELT_MAI81")
                                'Δεξαμενή χιονιού προηγούμενου μήνα
                                'Υπολογισμένη επιφάνεια
                                λιωμένου χιονιού με βάση τη μέση θερμοκρασία

Gdr1=theGtheme1.GetGrid
Gdr2=theGtheme2.GetGrid

Snowleft=Gdr1-Gdr2
helpGrid=Snowleft>0.asGrid      'βοηθητικός κάρναβος με τιμή 1 στις θετικές τιμές
                                'συσσώρευσης χιονιού και 0 στις αρνητικές
positiveSnowleft=Snowleft*helpGrid 'κάρναβος συσσωρευμένου χιονιού στο τέλος του μήνα

realMelt=Gdr1-positiveSnowleft   'κάρναβος πραγματικής τήξης χιονιού

theGtheme=Gtheme.Make(positiveSnowleft)
theView.AddTheme(theGtheme)
theGtheme.SetName("SnowDeposit_MAI81")

theGtheme=Gtheme.Make(realMelt)
theView.AddTheme(theGtheme)
theGtheme.SetName("RealMelt_MAI81")
```


SCRIPT 29

**'Μετατροπή δεκαδικού καννάβου σε ακέραιο
'11/11/99**

```
theProject=av.GetProject  
theView1=theProject.FindDoc("DEXAMENH EDAFOYS_200")  
theView2=theProject.FindDoc("DEXAMENH EDAFOYS AKERAIH")  
theGTheme=theView1.FindTheme("STORAGE_OKT80")  
theGrid=theGtheme.GetGrid
```

```
IntegerGrid=theGrid.Int
```

```
theGtheme=Gtheme.Make(IntegerGrid)  
theView2.AddTheme(theGtheme)  
theGtheme.SetName("STORAGE_OKT80")
```

SCRIPT 30: TELIKOS ALGORITHMOS

'Αρχικός μήνας Οκτώβριος

'19/12/99

```
theProject=av.GetProject
theView1=theProject.FindDoc("RAIN_PLUS_MELT")
theView2=theProject.FindDoc("EXATMISEIS")
theView3=theProject.FindDoc("DOKIMES ALGORITHMOS")
theGtheme1=theView1.FindTheme("RAINPLUSMELT_OKT80")
theGtheme2=theView2.FindTheme("OKT80")
```

```
RainPlusMelt=theGtheme1.GetGrid
PotEvap=theGtheme2.GetGrid
```

'παράμετροι

```
ni=0.24.asGrid
lamda=0.078.asGrid
kapa=0.079.asGrid
MaxSoilStore=164.55.asGrid
```

'αρχικές τιμές

```
SoilStor=0.asGrid
GroundStor=10.asGrid
Evap=0.asGrid
```

```
TotalRoff=ni*RainPlusMelt
PrecipLeft=RainPlusMelt-TotalRoff
```

```
PrecipLeft10=PrecipLeft/(10.asGrid)
PotEvap10=PotEvap/(10.asGrid)
```

```
Grid1=PrecipLeft10>PotEvap10 'βοηθητικός κάνναβος με τιμή 1 στα cells όπου P>PE και 0  
'στα υπόλοιπα
```

```
theGtheme=Gtheme.Make(Grid1)
theVtab1=theGtheme.GetVtab
f1=theVtab1.FindField("Value")
val1=theVtab1.ReturnValue(f1,0)
```

```
Grid2=PrecipLeft10<PotEvap10 'βοηθητικός κάνναβος με τιμή 1 στα cells όπου P<PE και 0  
'στα υπόλοιπα
```

For each i in 0..9

```
If (val1=1) Then 'περίπτωση P>PE  
DrainToSoil=PrecipLeft10-PotEvap10  
DEvap=PotEvap10
```

```
aPrj=Prj.MakeNull  
Size=Grid.SetAnalysisCellSize(#GRID_ENVTYPE_VALUE,2000)  
aRect=Rect.MakeXY(252974,4285899,321574,4398499)
```

```

Extent=Grid.SetAnalysisExtent(#GRID_ENVTYPE_VALUE,aRect)
DSoilToEvap=0.asGrid
Else
    'περίπτωση  $P < PE$ 
    help1=Grid1*PotEvap10 'τιμές της δυν.εξατμοδιαπνοής στα cells που ισχύει  $P > PE$  και 0
                           'στα υπόλοιπα
    help2=Grid2*PotEvap10 'τιμές της δυν.εξατμοδιαπνοής στα cells που ισχύει  $P < PE$  και 0
                           'στα υπόλοιπα
    help3=Grid2*PrecipLeft10 'τιμές της βροχής στα cells που ισχύει  $P < PE$  και 0 στα
                             'υπόλοιπα

    help4=(help2-help3)*(SoilStor/MaxSoilStore) 'υπολογισμός της εξατμοδιαπνοής με
                                                  'τον τύπο στα cells που ισχύει  $P < PE$ 

    Grid3=help4>SoilStor 'σύγκριση εξατμοδιαπνοής με εδαφικό απόθεμα
    Grid4=help4<SoilStor 'σύγκριση εξατμοδιαπνοής με εδαφικό απόθεμα
    help5=Grid3*SoilStor 'τιμή αποθέματος στα cells που η εξατμηση ξεπερνά το απόθεμα
    help6=Grid4*help4 'τιμή εξάτμισης στα υπόλοιπα cells
    DSoilToEvap=help5+help6 'εξατμοδιαπνοή δεξαμενής εδάφους στα cells που ισχύει  $P < PE$ 

    DrainToSoil=(PrecipLeft10-PotEvap10)*Grid1 'βροχή προς το έδαφος στα cells που
                                                  'ισχύει  $P > PE$ 
    DEvap=help1+(Grid2*(DSoilToEvap+PrecipLeft10)) 'εξατμοδιαπνοή=δυννητική στα
                                                  'cells που  $P > PE$  + εξάτμηση δεξαμενής εδάφους στα cells που ισχύει  $P < PE$ 

End

SoilStor=SoilStor+DrainToSoil-DSoilToEvap 'απόθεμα δεξαμενής εδάφους
Grid5=SoilStor>MaxSoilStore 'σύγκριση αποθέματος με χωρητικότητα δεξαμενής
theGtheme=Gtheme.Make(Grid5)
theVtab5=theGtheme.GetVtab
f5=theVtab5.FindField("Value")
val5=theVtab5.ReturnValue(f5,0)

Grid6=SoilStor<MaxSoilStore 'σύγκριση αποθέματος με χωρητικότητα δεξαμενής

If (val5=1) Then 'περίπτωση που το απόθεμα ξεπερνά τη χωρητικότητα της δεξαμενής
    DDirectRoff=SoilStor-MaxSoilStore 'υπερχείλιση δεξαμενής εδάφους
    SoilStor=MaxSoilStore 'πλήρωση δεξαμενής εδάφους
Else 'περίπτωση που η χωρητικότητα της δεξαμενής δεν ξεπερνιέται σε όλα τα κύτταρα
    help7=Grid6*SoilStor
    help8=Grid5*MaxSoilStore
    DDirectRoff=Grid5*(SoilStor-MaxSoilStore)
    SoilStor=help7+help8
End

DSoilToGround=kapa*SoilStor 'ποσότητα εδαφικού αποθέματος προς τη δεξαμενή
                             'εδάφους
SoilStor=SoilStor-DSoilToGround 'τελική τιμή του αποθέματος εδαφικής υγρασίας
GroundStor=GroundStor+DSoilToGround 'απόθεμα δεξαμενής υπόγειου νερού

```


$D_{\text{GroundRoff}} = \lambda \cdot \text{GroundStor}$ *ποσότητα αποθέματος υπόγειου νερού που απορρέει*
 $\text{GroundStor} = \text{GroundStor} - D_{\text{GroundRoff}}$ *τελική τιμή αποθέματος δεξαμενής υπόγειου*
νερού

$\text{Evap} = \text{Evap} + D_{\text{Evap}}$ *τελική τιμή πραγματικής εξατμοδιαπνοής*
 $\text{TotalRoff} = \text{TotalRoff} + D_{\text{DirectRoff}} + D_{\text{GroundRoff}}$ *τελική τιμή απορροής*

End

$\text{theGtheme} = \text{Gtheme.Make}(\text{SoilStor})$
 $\text{theView3.AddTheme}(\text{theGtheme})$
 $\text{theGtheme.SetName}(\text{"SoilStor_OKT80"})$

$\text{theGtheme} = \text{Gtheme.Make}(\text{GroundStor})$
 $\text{theView3.AddTheme}(\text{theGtheme})$
 $\text{theGtheme.SetName}(\text{"GroundStor_OKT80"})$

$\text{theGtheme} = \text{Gtheme.Make}(\text{Evap})$
 $\text{theView3.AddTheme}(\text{theGtheme})$
 $\text{theGtheme.SetName}(\text{"Evap_OKT80"})$

$\text{theGtheme} = \text{Gtheme.Make}(\text{TotalRoff})$
 $\text{theView3.AddTheme}(\text{theGtheme})$
 $\text{theGtheme.SetName}(\text{"TotalRoff_OKT80"})$

SCRIPT 31: TELIKOS ALGORITHMOS

'19/12/99

```
theProject=av.GetProject
theView1=theProject.FindDoc("RAIN_PLUS_MELT")
theView2=theProject.FindDoc("EXATMISEIS")
theView3=theProject.FindDoc("SOILSTOR")
theView4=theProject.FindDoc("GROUNDSTOR")
theView5=theProject.FindDoc("REALEVAP")
theView6=theProject.FindDoc("RUNOFF")
theGtheme1=theView1.FindTheme("RAINPLUSMELT_IAN81")
theGtheme2=theView2.FindTheme("IAN81")
theGtheme3=theView3.FindTheme("SoilStor_DEK80")
theGtheme4=theView4.FindTheme("GroundStor_DEK80")
```

```
RainPlusMelt=theGtheme1.GetGrid
PotEvap=theGtheme2.GetGrid
SoilStor=theGtheme3.GetGrid
GroundStor=theGtheme4.GetGrid
```

```
'παράμετροι
ni=0.24.asGrid
lamda=0.078.asGrid
kapa=0.079.asGrid
MaxSoilStore=164.55.asGrid
```

```
'αρχικές τιμές
Evap=0.asGrid
```

```
TotalRoff=ni*RainPlusMelt
PrecipLeft=RainPlusMelt-TotalRoff
```

```
PrecipLeft10=PrecipLeft/(10.asGrid)
PotEvap10=PotEvap/(10.asGrid)
```

```
Grid1=PrecipLeft10>PotEvap10 'βοηθητικός κάνναβος με τιμή 1 στα cells όπου P>PE και 0  
'στα υπόλοιπα
```

```
theGtheme=Gtheme.Make(Grid1)
theVtab1=theGtheme.GetVtab
f1=theVtab1.FindField("Value")
val1=theVtab1.ReturnValue(f1,0)
```

```
Grid2=PrecipLeft10<PotEvap10 'βοηθητικός κάνναβος με τιμή 1 στα cells όπου P<PE και 0  
'στα υπόλοιπα
```

```
For each i in 0..9
  If (val1=1) Then 'περίπτωση P>PE
    DrainToSoil=PrecipLeft10-PotEvap10
    DEvap=PotEvap10
```

```

aPrj=Prj.MakeNull
Size=Grid.SetAnalysisCellSize(#GRID_ENVTYPE_VALUE,2000)
aRect=Rect.MakeXY(252974,4285899,321574,4398499)
Extent=Grid.SetAnalysisExtent(#GRID_ENVTYPE_VALUE,aRect)
DSoilToEvap=0.asGrid
Else
    'περίπτωση  $P < PE$ 
    help1=Grid1*PotEvap10 'τιμές της δυν.εξατμοδιαπνοής στα cells που ισχύει  $P > PE$  και 0
    'στα υπόλοιπα
    help2=Grid2*PotEvap10 'τιμές της δυν.εξατμοδιαπνοής στα cells που ισχύει  $P < PE$  και 0
    'στα υπόλοιπα
    help3=Grid2*PrecipLeft10 'τιμές της βροχής στα cells που ισχύει  $P < PE$  και 0 στα
    'υπόλοιπα

    help4=(help2-help3)*(SoilStor/MaxSoilStore) 'υπολογισμός της εξατμοδιαπνοής με
    'τον τύπο στα cells που ισχύει  $P < PE$ 

    Grid3=help4>SoilStor 'σύγκριση εξατμοδιαπνοής με εδαφικό απόθεμα
    Grid4=help4<SoilStor 'σύγκριση εξατμοδιαπνοής με εδαφικό απόθεμα
    help5=Grid3*SoilStor 'τιμή αποθέματος στα cells που η εξατμηση ξεπερνά το απόθεμα
    help6=Grid4*help4 'τιμή εξατμησης στα υπόλοιπα cells
    DSoilToEvap=help5+help6 'εξατμοδιαπνοή δεξαμενής εδάφους στα cells που ισχύει  $P < PE$ 

    DrainToSoil=(PrecipLeft10-PotEvap10)*Grid1 'βροχή προς το έδαφος στα cells που
    'ισχύει  $P > PE$ 
    DEvap=help1+(Grid2*(DSoilToEvap+PrecipLeft10)) 'εξατμοδιαπνοή=δυναμική στα
    'cells που  $P > PE$  + εξατμηση δεξαμενής εδάφους στα cells που ισχύει  $P < PE$ 

End

SoilStor=SoilStor+DrainToSoil-DSoilToEvap 'απόθεμα δεξαμενής εδάφους
Grid5=SoilStor>MaxSoilStore 'σύγκριση αποθέματος με χωρητικότητα δεξαμενής
theGtheme=Gtheme.Make(Grid5)
theVtab5=theGtheme.GetVtab
f5=theVtab5.FindField("Value")
val5=theVtab5.ReturnValue(f5,0)

Grid6=SoilStor<MaxSoilStore 'σύγκριση αποθέματος με χωρητικότητα δεξαμενής

If (val5=1) Then 'περίπτωση που το απόθεμα ξεπερνά τη χωρητικότητα της δεξαμενής
    DDirectRoff=SoilStor-MaxSoilStore 'υπερχείλιση δεξαμενής εδάφους
    SoilStor=MaxSoilStore 'πλήρωση δεξαμενής εδάφους
Else 'περίπτωση που η χωρητικότητα της δεξαμενής δεν ξεπερνιέται σε όλα τα κύτταρα
    help7=Grid6*SoilStor
    help8=Grid5*MaxSoilStore
    DDirectRoff=Grid5*(SoilStor-MaxSoilStore)
    SoilStor=help7+help8
End

DSoilToGround=kapa*SoilStor 'ποσότητα εδαφικού αποθέματος προς τη δεξαμενή

```


‘εδάφους
SoilStor=SoilStor-DSoilToGround *‘τελική τιμή του αποθέματος εδαφικής υγρασίας*
GroundStor=GroundStor+DSoilToGround *‘απόθεμα δεξαμενής υπόγειου νερού*

DGroundRoff=lamda*GroundStor *‘ποσότητα αποθέματος υπόγειου νερού που απορρέει*

GroundStor=GroundStor-DGroundRoff *‘τελική τιμή αποθέματος δεξαμενής υπόγειου νερού*

Evap=Evap+DEvap *‘τελική τιμή πραγματικής εξατμοδιαπνοής*
TotalRoff=TotalRoff+DDirectRoff+DGroundRoff *‘τελική τιμή απορροής*

End

theGtheme=Gtheme.Make(SoilStor)
theView3.AddTheme(theGtheme)
theGtheme.SetName("SoilStor_OKT80")

theGtheme=Gtheme.Make(GroundStor)
theView4.AddTheme(theGtheme)
theGtheme.SetName("GroundStor_OKT80")

theGtheme=Gtheme.Make(Evap)
theView5.AddTheme(theGtheme)
theGtheme.SetName("Evap_OKT80")

theGtheme=Gtheme.Make(TotalRoff)
theView6.AddTheme(theGtheme)
theGtheme.SetName("TotalRoff_OKT80")

SCRIPT 32: HYDRO FUNCTIONS

```
theProject = av.GetProject
theView = theProject.FindDoc("View1")
theGTheme1 = theView.FindTheme("DTM2000")
theGrid1 = theGTheme1.getgrid
theGTheme2 = theView.FindTheme("RunOff_IAN81")
theGrid2 = theGTheme2.getgrid

sinkGrid = theGrid1.sink 'κάνναβος κοιλοτήτων
flowDirGrid = theGrid1.FlowDirection(FALSE) 'κάνναβος διεύθυνσης ροής
flowAccGrid = flowDirGrid.FlowAccumulation(theGrid2) 'κάνναβος συγκέντρωσης ροής
watershedGrid = flowDirGrid.Watershed(streamLinkGrid) 'κάνναβος υπολεκανών
απορροής
flowLengthGrid = flowDirGrid.FlowLength(NIL, false) 'κάνναβος μήκους ροής
flowAccGrid1 = flowAccGrid*0.004.asGrid 'μετατροπή σε hm3

theGTheme = GTheme.Make(sinkGrid)
theView.AddTheme(theGTheme)
theGtheme.SetName("TSink")

theGTheme = GTheme.Make(flowDirGrid)
theView.AddTheme(theGTheme)
theGtheme.SetName("tFlowDir")

theGTheme = GTheme.Make(flowAccGrid1)
theView.AddTheme(theGTheme)
theGtheme.SetName("tFlowAcc")

theGTheme = GTheme.Make(watershedGrid)
theView.AddTheme(theGTheme)
theGtheme.SetName("tWatershed")

theGTheme = GTheme.Make(flowLengthGrid)
theView.AddTheme(theGTheme)
theGtheme.SetName("tFlowLength")
```