



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ, ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

**«ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ ΚΑΙ
ΖΗΤΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ ΜΕ
ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ MIKE BASIN»**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΑΝΤΩΝΗΣ ΜΑΤΣΟΥΡΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ,
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2003

ΑΘΗΝΑ

Πρόλογος

Το θέμα της διπλωματικής αυτής εργασίας, η χρήση ενός σύγχρονου λογισμικού για τη διαχείριση των υδατικών πόρων της περιοχής της Καρδίτσας, αποδείχθηκε πολύ ελκυστικό αλλά και απαιτητικό. Ο συνδυασμός, τόσο ενός πολύ μεγάλου φάσματος γνωστικών αντικειμένων (υδρολογίας, πληροφορικής, υδραυλικών έργων κλπ), όσο και των ιδιοτελειών της περιοχής (μεγάλες αρδευτικές εκτάσεις, πρόβλημα ικανοποίησης των υδατικών αναγκών κλπ), αποτέλεσε μια πρωτόγνωρη αλλά ταυτόχρονα και πολύτιμη εμπειρία. Επιπλέον, η προσπάθεια αντιμετώπισης των δυσκολιών που προέκυψαν ανέδειξαν τη διαφορετική φύση αλλά και την πολυπλοκότητα των προβλημάτων που καλείται να αντιμετωπίσει ο μηχανικός.

Καταρχήν, οφείλω να ευχαριστήσω την Natascha Cordes της Danish Hydrology Institute (DHI), η οποία μου έδωσε την άδεια να δουλέψω με το πρόγραμμα MIKE BASIN, αλλά και για την άμεση βοήθεια που μου προσέφερε πάνω στη λειτουργία του λογισμικού.

Ευχαριστώ τον καθηγητή μου, Δημήτρη Κουτσογιάννη, Αναπληρωτή Καθηγητή, για την αρχική ιδέα αυτής της διπλωματικής εργασίας και για τη συμπαράσταση σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της. Μου έδειξε τεράστια εμπιστοσύνη ακόμα και σε στιγμές που τα προβλήματα που είχαν προκύψει φαινονταν ανυπέρβλητα. Η στήριξη και η βοήθεια του ήταν διαρκής και ουσιαστική.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες πρέπει να δώσω στο Δρ. Νίκο Μαμάση, ο οποίος από τη πρώτη στιγμή με έκανε να νιώσω απολύτως άνετα και να ζητάω οποτεδήποτε την όποια βοήθεια ή συμβουλή ήθελα. Δεν δίστασε βέβαια, να μου επιστά διαρκώς την προσοχή και να εκφράζει τις αμφιβολίες του. Η συνεργασία μας ήταν αρμονικότερη, αν και πολλές φορές μπορεί να τον απασχόλησα παραπάνω από το απαιτούμενο.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω τον Αντώνη Κουκουβίνο τόσο για τη βοήθεια του σε πολλά σημεία αυτής της εργασίας αλλά κυρίως για τη διαρκή ενθάρρυνση του ότι το

αποτέλεσμα θα είναι άρτιο. Ήταν άλλωστε ο μόνος που, μέσα στις δύσκολες μέρες του καλοκαιριού, ήταν δίπλα μου τονώνοντας το ηθικό αλλά και τη διάθεση μου.

Επιπλέον, ευχαριστώ τον Ανδρέα Ευστρατιάδη, του οποίου η βοήθεια ήταν πολύτιμη καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης αυτής της εργασίας.

Ακόμη, ευχαριστώ τον Κώστα, το Γιώργο, το Μήτσο, το Στέλιο, τον Κώστα και το Σπύρο για την παρέα όλο αυτό το χρονικό διάστημα, καθώς και την οικογένεια μου που στάθηκε συνέχεια στο πλευρό μου.

Τέλος, ευχαριστώ τη Χαρούλα γιατί χωρίς αυτή δεν θα ήμουν εδώ σήμερα...

Ματσούρης Αντώνης

Σεπτέμβριος 2003

Περιεχόμενα**Πρόλογος****Περιεχόμενα****Περίληψη**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:	Εισαγωγή	1
1.1	Αντικείμενο	1
1.2	Η Περιοχή Μελέτης	1
1.3	Διάρθρωση της Εργασίας	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:	Υπολογιστικά Πακέτα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων	3
2.1	MIKE BASIN	3
2.2	SHIVA	4
2.3	OASIS	6
2.4	RIBASIM	7
2.5	GENSCN	9
2.6	ARSP	10
2.7	WATERWARE	12
2.8	THANNI	13
2.9	HYDROSOFT 2000	14
2.10	DESERT	15
2.11	GIBSI	16
2.12	IWR-MAIN	18
2.13	ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ	19
2.14	WEAP	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:	Το πρόγραμμα MIKE BASIN	22
3.1	Εισαγωγή	22
3.2	Σχηματοποίηση Δικτύου	24
3.3	Κόμβοι στο Σύστημα των Ποταμών	24
3.4	Ταμιευτήρες	25
3.5	Υπόγεια Νερά	27
3.6	Ποιότητα Νερού	29
	3.6.1 Εισαγωγή	29
	3.6.2 Πηγές Ρύπανσης	29
3.7	Βελτιστοποίηση	30
3.8	Εισαγωγή Δεδομένων	31
3.9	Απαιτούμενα Δεδομένα	31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:	Περιοχή Μελέτης: Ο νομός Καρδίτσας	37
4.1	Εισαγωγή	37
4.2	Κλίμα	37
4.3	Υδατικοί Πόροι και Αντίστοιχες Ανάγκες	38
4.3.1	Επιφανειακοί Υδατικοί Πόροι	38
4.3.2	Υπόγεια Νερά	38
4.3.3	Ποιοτικά Χαρακτηριστικά	39
4.4	Υδατικές Ανάγκες	39
4.4.1	Άρδευση	39
4.4.2	Ύδρευση	41
4.5	Υφιστάμενη Κατάσταση Ταμιευτήρων	42
4.5.1	Ταμιευτήρας Πλαστήρα	42
4.5.2	Ταμιευτήρας Σμοκόβου	43
4.6	Συνοπτική Αναφορά Προβλημάτων	44
4.7	Ιστορικό Αντιμετώπισης	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:	ΕΦΑΡΜΟΓΗ	46
5.1	Σχηματοποίηση Μοντέλου Υδροσυστήματος	46
5.2	Προσοοίωση Απορροής	47
5.2.1	Συλλογή Δεδομένων	47
5.2.2	Αναγωγή και Φυσικοποίηση των Παροχών	49
5.3	Προσομοίωση Απολήψεων	54
5.3.1	Άρδευση	54
5.3.2	Ύδρευση	56
5.3.3	Υδροηλεκτρική Ενέργεια	57
5.4	Προσομοίωση Ταμιευτήρων	58
5.4.1	Ταμιευτήρας Πλαστήρα	58
5.4.2	Ταμιευτήρας Σμοκόβου	59
5.5	Προσομοίωση Υδροφορέων	59
5.6	Σενάρια Προσομοίωσης	61
5.6.1	Σενάρια Αρδευόμενων Περιοχών από τον Ταμιευτήρα του Σμοκόβου	61
5.6.2	Σενάρια Απολήψεων από τις Γεωτρήσεις	61
5.7	Αποτελέσματα	62
5.7.1	Σταθμισμένη Αστοχία και Ετήσια Ελλείμματα	63
5.7.2	Μέσο Μηνιαίο Έλλειμμα για κάθε Σενάριο	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6:	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	80
6.1	Συμπεράσματα για την Περιοχή της Καρδίτσας	80
6.2	Συμπεράσματα για το Πρόγραμμα MIKE BASIN	81
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ		84
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ:	Αριθμητικά Δεδομένα	86

A.1	Ιστορικές Χρονοσειρές	86
A.2	Αρδευθείσες Εκτάσεις	97
A.3	Υδατικές Ανάγκες	99
A.4	Πίνακας Γεωγραφικών Δεδομένων	101

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η διαχείριση των υδατικών πόρων της περιοχής της Καρδίτσας, με τη βοήθεια του μοντέλου MIKE BASIN της DHI (Danish Hydrology Institute). Για τον λόγο αυτό προσομοιώθηκαν οι υδρολογικές συνθήκες της περιοχής και ψηφιοποιήθηκε το ποτάμιο σύστημα της περιοχής στο οποίο ενσωματώθηκαν και τα υπόγεια νερά της περιοχής. Τέλος, υπολογίστηκαν οι υδρευτικές και αρδευτικές ανάγκες και οι ανάγκες σε παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας. Το αποτέλεσμα της ανωτέρω διαδικασίας είναι η δημιουργία ενός μοντέλου προσομοίωσης προσφοράς και ζήτησης των υδάτων της περιοχής.

Κύριος στόχος αυτής της εργασίας αποτέλεσε η κατάρτιση ενός μοντέλου το οποίο από τη μία να αποτελεί μια ικανοποιητική προσέγγιση της πραγματικότητας και των διεργασιών που συντελούνται και από την άλλη να μην εισχωρεί σε ανούσιες λεπτομέρειες που θα οδηγούσαν σε έναν πολύ μεγάλο, χωρίς νόημα, υπολογιστικό φόρτο.

Ιδιαίτερη βαρύτητα δόθηκε στα υδρολογικά δεδομένα τα οποία διαθέταμε και ταυτόχρονα στις υδατικές καταναλώσεις που επηρεάζουν τη συγκεκριμένη περιοχή.

1.2 Η περιοχή μελέτης

Η περιοχή μελέτης αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η ευρύτερη περιοχή του νομού Καρδίτσας. Η περιοχή αυτή παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον διότι αποτελεί τμήμα του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας, το οποίο αποτελεί τη μεγαλύτερη πεδινή έκταση της χώρας και συγκεντρώνει όλα τα είδη των υδατικών καταναλώσεων. Αποτελεί μια περιοχή όπου οι ασχολίες του μεγαλύτερου μέρους του πληθυσμού σχετίζονται με τον πρωτογενή τομέα, ο οποίος περιορίζεται σχεδόν κατά αποκλειστικότητα στη γεωργία. Για το λόγο αυτό, οι προκύπτουσες αρδευτικές

ανάγκες παίζουν έναν πολύ σημαντικό ρόλο στα τεκταινόμενα της περιοχής τόσο από οικονομικής άποψης όσο και από κοινωνικοπολιτικής. Κατά συνέπεια, η προσομοίωση των υδατικών συνθηκών της περιοχής αποτελούν ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον και κρίσιμο αντικείμενο, ενώ παράλληλα χρήζουν ευρύας εφαρμογής.

Από γεωγραφικής άποψης, ο νομός Καρδίτσας ανήκει στο κεντρικό τμήμα της χώρας με εξαιρετικά πλούσια φυσιογραφία, διαθέτοντας τόσο πεδινές όσο και ορεινές εκτάσεις.

1.3 Διάρθρωση της εργασίας

Στις σελίδες που ακολουθούν γίνεται η κυρίως ανάπτυξη της διπλωματικής αυτής εργασίας. Εκτός από το παρόν κεφάλαιο, περιλαμβάνονται άλλα πέντε κεφάλαια και ένα παράρτημα.

Στο κεφάλαιο 2 γίνεται μια συνοπτική αναφορά στα πιο διαδεδομένα λογισμικά πάνω στη διαχείριση των υδατικών πόρων. Στη συνέχεια, στο κεφάλαιο 3 περιγράφεται αναλυτικά το λογισμικό MIKE BASIN της DHI το οποίο είναι το λογισμικό με το οποίο ασχολείται η συγκεκριμένη διπλωματική. Στο Κεφάλαιο 4 αναλύεται η υπάρχουσα κατάσταση του συστήματος της περιοχής της Καρδίτσας, στην οποία γίνεται η εφαρμογή του παραπάνω προγράμματος. Η ανάλυση αυτή έγινε προκειμένου να υπάρξει μια πλήρης και ολοκληρωμένη εικόνα για την περιοχή μελέτης. Εν συνεχεία, στο Κεφάλαιο 5 ακολουθεί η παρουσίαση της προσομοίωσης της περιοχής της Καρδίτσας με τη βοήθεια του MIKE BASIN και ο τρόπος με τον οποίο εισήχθησαν σε αυτό τα δεδομένα του συγκεκριμένου υδροσυστήματος. Ύστερα ακολουθούν τα εναλλακτικά σενάρια που χρησιμοποιήθηκαν και τα τελικά τους αποτελέσματα. Τέλος, στο Κεφάλαιο 6 καταγράφονται τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας.

Στο παράρτημα παρουσιάζονται όλα τα αριθμητικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για αυτή τη διπλωματική εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΠΑΚΕΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει εντατική η ενασχόληση των επιστημόνων με τη διαχείριση των υδατικών πόρων τόσο γιατί η ζήτηση νερού διαρκώς αυξάνεται όσο και γιατί η ποιότητα των διαθέσιμων υδατικών πόρων διαρκώς υποβαθμίζεται. Έχει προκύψει λοιπόν η ανάγκη, περισσότερο από κάθε άλλη στιγμή, της ορθολογικής διαχείρισης του νερού τόσο σε ποσοτικό όσο και σε ποιοτικό επίπεδο.

Στα πλαίσια της διαχείρισης των υδατικών πόρων έχουν αναπτυχθεί πολλών ειδών λογισμικά πακέτα. Τα πακέτα αυτά μπορούν να περιλαμβάνουν μία ή περισσότερες συνιστώσες. Έτσι, υπάρχουν πακέτα διαχειριστικά, υδρολογικά, υδρογεωλογικά, οικονομικά, με τα διαχειριστικά να είναι αυτά που κυριαρχούν. Επίσης, συνήθως όλα τα παραπάνω πακέτα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τα ποσοτικά και τα ποιοτικά. Κρίθηκε λοιπόν σκόπιμο, μιας και η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία πραγματεύεται ένα από τα πιο διαδεδομένα τέτοια μοντέλα, το MIKE BASIN, να γίνει μια συνοπτική αναφορά στα πιο σημαντικά υπάρχοντα τέτοια πακέτα, κάνοντας και μια σύντομη περιγραφή στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του καθενός.

Προφανώς, η παρακάτω αναφορά στα υπάρχοντα μοντέλα μπορεί να έχει κάποιες παραλήψεις, αλλά στα πλαίσια αυτής της εργασίας ήταν αδύνατο να δώσουμε μια απόλυτα ολοκληρωμένη εικόνα της υπάρχουσας κατάστασης στην παγκόσμια αγορά. Γι' αυτόν τον λόγο λοιπόν δεν γίνεται καμιά σύγκριση ή κριτική αυτών των μοντέλων αλλά μια απλή παράθεση τους.

2.1: MIKE BASIN και MIKE SHE

Προσφέρονται από την DHI Water & Environment και αποτελούν ίσως τα πιο διαδεδομένα ανά τον κόσμο πακέτα διαχείρισης, με αρκετά αξιόπιστα αποτελέσματα. Εκτενής ανάλυση του MIKE BASIN γίνεται στο Κεφάλαιο 3 αφού αποτελεί το λογισμικό πάνω στο οποίο στηρίζεται αυτή η εργασία. Η DHI διαθέτει εκτός από το MIKE BASIN και αρκετά άλλα πακέτα διαχείρισης με σημαντικότερο το MIKE SHE, που αποτελεί μια από τις πλέον ολοκληρωμένες προσεγγίσεις πάνω στο πρόβλημα της μοντελοποίησης.

MIKE BASIN

Navigation: Description, News, Support, Courses, Download, Order

River Basin Management in GIS - The Power of Keeping it Simple

The easy-to-use, yet comprehensive water resources model

GIS - the **only** water resources software that lets you do all modeling in ArcView

simple - *minimal data requirements*, simple process models

powerful - *all relevant elements* and *operation logic* can be modeled

fast - lots of time-saving features in the user interface, fast simulations

easy - no numerical instability, no need to be a hydraulics expert

impressive - *results* as maps in ArcView, HTML tables, AVI movies, Access reports

expandable - just add *rainfall-runoff*, *water quality*, and/or *groundwater* as you go

flexible - link to Excel, customization in Visual Basic, general-purpose *optimization*

a standard - hundreds of users world-wide, *consulting* and *research* applications

News:

[Version 2003 released!](#) [Download it!](#) [Take the 3-minute tour](#) [EU Water Framework Directive](#)

"DHI Water and Environment [...] is pioneering the development of geospatial hydrologic modeling."
David R. Maidment (ed.): Arc Hydro - GIS for Water Resources, ESRI Press, 2002.

ESRI Foundation Partner of the year 2003

Σχήμα 2.1: Δικτυακός τόπος MIKE BASIN: www.dhisoftware.com/mikebasin/

2.2: SHIVA

Το SHIVA αναπτύχθηκε από την γαλλική ISL and AQUALIS και χρησιμοποιεί για τη λειτουργία του GIS και ορισμένα υδραυλικά μοντέλα. Κύρια λειτουργία του είναι η ανάλυση του ρίσκου των πλημμυρών ενώ ταυτόχρονα μπορεί να λειτουργήσει και σαν οικονομικό μοντέλο.

Οι πληροφορίες που απαιτεί το SHIVA για να λειτουργήσει είναι δύο ειδών:

Υδρολογικές:

- Βροχοπτώσεις
- Μορφολογία της περιοχής
- Μονοδιάστατη μοντελοποίηση

Φυσικές και κοινωνικοοικονομικές πληροφορίες:

- Τοπογραφία
- Χρήσεις γης
- Αστικός πληθυσμός, βιομηχανία, γεωργία
- Γεωλογία
- Ρύπανση
- Οικοσυστήματα

Το πλεονέκτημα του SHIVA έγκειται στο γεγονός πως είναι συμβατό με πάρα πολλά υδραυλικά λογισμικά και με GIS, έχει απόλυτη αλληλοσύνδεση μεταξύ υδρολογίας και χαρτογραφίας και τέλος είναι ταχύτατο και χαμηλού κόστους.

Δικτυακός τόπος SHIVA: www.isl-ingenierie.fr/shiva/

2.3: OASIS

Αποτελεί ένα γενικευμένο πρόγραμμα μοντελοποίησης ενός υδατικού συστήματος με τις κλασικές λειτουργίες της προσομοίωσης των στοιχείων ενός συστήματος. Προμηθευτής αυτού του λογισμικού είναι το Water Resources Management Incorporation Hydrologics Inc. (ΗΠΑ)

Αυτό που κάνει το OASIS μοναδικό είναι πως προσομοιώνει τον κύκλο του νερού λύνοντας ένα γραμμικό μοντέλο. Το θετικό της παραπάνω διαδικασίας είναι πως ο χρήστης δεν είναι αναγκασμένος να γνωρίζει γραμμικό προγραμματισμό προκειμένου να χρησιμοποιήσει το OASIS, αλλά προσεγγίζει το πρόβλημα σαν ένα σύνολο από περιορισμούς και στόχους. Οι περιορισμοί πρέπει να ικανοποιούνται όλοι σε αντίθεση με τους στόχους που είναι αδύνατον να ικανοποιούνται όλοι πλήρως. Αυτό συμβαίνει γιατί πολλοί στόχοι είναι ανταγωνιστικοί μεταξύ τους (π.χ. η παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας από έναν ταμιευτήρα και η άρδευση μιας περιοχής από τον ίδιο ταμιευτήρα). Η λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι πως ο χρήστης βάζει κάποιο συντελεστή βάρους για κάθε έναν από τους στόχους.

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα του OASIS είναι τα παρακάτω:

- Οι εισερχόμενες μεταβλητές μπορεί να προέρχονται είτε από αυτούσιες χρονοσειρές είτε να δημιουργούνται επί τόπου με κάποια μοντέλα βροχόπτωσης- απορροής που διαθέτει ενσωματωμένα το OASIS.
- Η δυνατότητα που προσφέρεται στο χρήστη ταυτόχρονα με το OASIS να τρέχει και άλλα προγράμματα. Κάθε άλλο πρόγραμμα θεωρείται ως «εξωτερική σύνδεση» με αποτέλεσμα να αυξάνονται πάρα πολύ οι δυνατότητες προσομοίωσης του προγράμματος. Τέτοιες εξωτερικές συνδέσεις μπορούν να είναι τα υπόγεια νερά, η συντηρητική μεταφορά των ρύπων, η θερμοκρασία, οι χιονοπτώσεις κ.α.
- Εξαιτίας του γεγονότος πως το OASIS έχει σχεδιαστεί ακριβώς με τη λογική να μοντελοποιήσει τις διεργασίες που συμβαίνουν σε υδατικό σύστημα έχει κάποιες δεδομένες λειτουργίες οι οποίες βοηθούν σημαντικά το χρήστη. Έτσι π.χ. έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει την εξάτμιση από έναν ταμιευτήρα. Αυτές οι δεδομένες λειτουργίες του προγράμματος δεν το περιορίζουν μιας και όποτε επιθυμεί ο χρήστης μπορεί να επεκτείνει αυτές τις λειτουργίες ή να τις αγνοήσει πλήρως.



Σχήμα 2.2: Δικτυακός τόπος OASIS: www.hydrologics.net/oasis/

2.4: RIBASIM

Αποτελεί το κύριο διαχειριστικό πακέτο της DELFT HYDRAYLICS (Ολλανδία) που μαζί με τη DHI αποτελούν τις πλέον διαδεδομένες λύσεις τουλάχιστον στον ευρωπαϊκό χώρο. Είναι μια ολοκληρωμένη προσέγγιση στα πλαίσια μιας συνεχούς διαχείρισης ενός υδατικού συστήματος και προσφέρει τη δυνατότητα στο χρήστη τόσο για ποσοτική όσο και για ποιοτική ανάλυση των αποτελεσμάτων. Τέλος μπορεί να αναλύσει τις εναποθέσεις φερτών σε ποτάμια και ταμειυτήρες.

Το RIBASIM χρησιμοποιείται κυρίως στους παρακάτω σκοπούς:

- Στον υπολογισμό των δυνατοτήτων και των επιλογών που έχουμε για μια άρτια ανάπτυξη των υδατικών πόρων ενός συστήματος
 - Διαθέτοντας τους υδατικούς πόρους μιας περιοχής καθώς και τις φυσικές μεταβολές τους μπορούμε να υπολογίσουμε σε ποιο βαθμό μπορεί να αναπτυχθεί το υδατικό σύστημα της περιοχής στις διάφορες μορφές του (ταμειυτήρων, αρδεύσεων, άλλων χρήσεων νερού) με

ταυτόχρονη προστασία των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή.

- Πότε και πού θα υπάρξει ανταγωνισμός μεταξύ των χρηστών νερού π.χ μεταξύ παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας και άδευτικών αναγκών ή βιομηχανικής ανάπτυξης και ποσοστού ρύπανσης των υδάτων.

Η σχηματοποίηση του δικτύου είναι η συνήθης που ισχύει σε τέτοια προγράμματα. Αποτελείται από κόμβους που συνδέονται με κλάδους που μεταφέρουν το νερό. Συνήθως οι προσομοιώσεις γίνονται με χρονικό βήμα το έτος προκειμένου στα αποτελέσματα να εισέρχονται και τα ψυχρά και τα υγρά έτη. Τέλος, υπάρχουν πολλοί κανόνες προτεραιότητας απόληψης του νερού με πιο απλή αυτή του να έχει προτεραιότητα ο αμέσως κατάντη κόμβος αλλά και άλλες αρκετά πιο σύνθετες οι οποίοι να εξαρτώνται πχ. από το είδος της χρήσης.

Επίσης το RIBASIM μπορεί να διευρύνει κατά πολύ τις δυνατότητες του αφού αποτελεί κομμάτι ενός ευρύτερου πακέτου λογισμικών της DELFT και μπορεί να συνδεθεί άμεσα και με άλλα μοντέλα, όπως υδρολογικά, οικονομικά κ.α.

HOME E-MAIL MAP

Search Go!

GENERAL R&D CONSULTANCY SOFTWARE INSTRUMENTS FACILITIES

DELFT3D
SOBEK
RIBASIM
HYMOS
DELFT FLS
DELFT CHESS
DELFT WAVES
WANDA
DELFT TOOLS
DELFT FEWS
FLUSTRIN

RIBASIM

A generic, graphically-oriented, model package for simulating the time-varying characteristics of river basins under varying hydrological conditions.

- ◆ Demands for irrigation, public water supply, hydropower, aqua-culture and reservoir operation can be taken into account.
- ◆ Surface and groundwater resources can be allocated.
- ◆ Minimum flow requirements and flow composition can be assessed.

RIBASIM permits the evaluation of a variety of measures related to infrastructure, operations and demand management. The model can also generate flow patterns for detailed water quality and sedimentation analyses in river reaches and reservoirs. It has the same attractive user interface as SOBEK, allowing for a direct link to [HYMOS](#), [SOBEK](#) etc. and to most GIS systems (prepared by our experts).

more information

For more information please contact ribasim.info@wldelft.nl

A more detailed description of RIBASIM is available in our [brochure](#) (PDF, 700 KB).

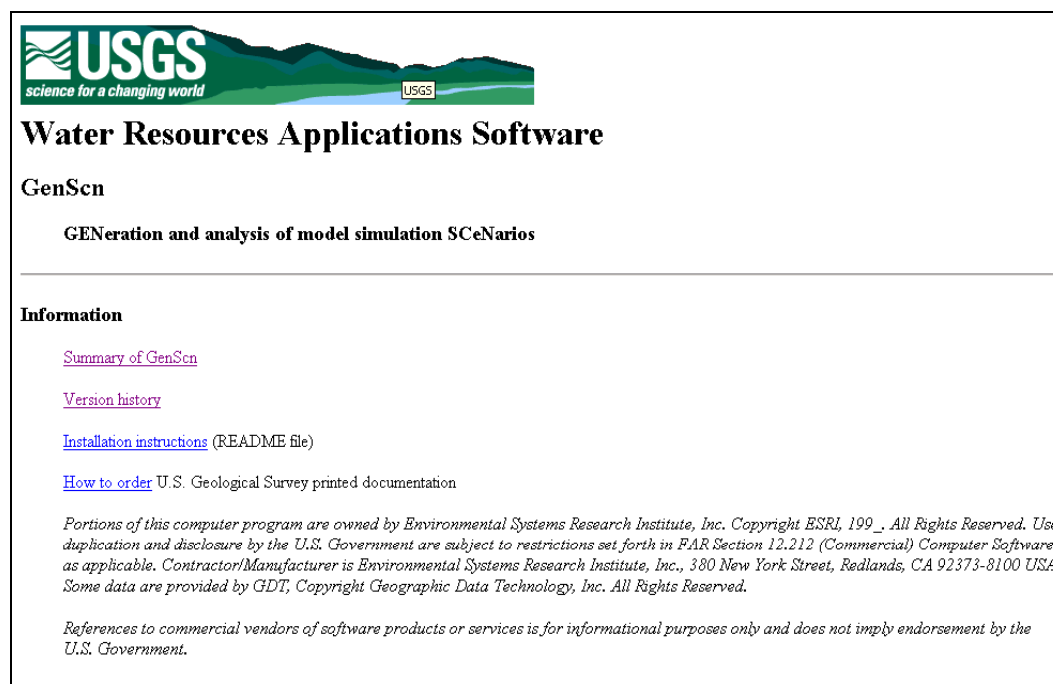
Σχήμα 2.3: Δικτυακός τόπος RIBASIM: www.wldelft.nl/soft/ribasim/index.html

2.5: GENSCN (Generation and analysis of model simulation Scenarios)

Προσφέρεται από την US Geological Survey και σκοπός της δημιουργίας αυτού του μοντέλου διαχείρισης υδατικών πόρων ήταν να αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο στην ανάλυση και τη διαχείριση του τόσο μεγάλου αριθμού εισερχομένων μεταβλητών που απαιτεί ένα υδατικό σύστημα. Το συγκεκριμένο μοντέλο προσομοιώνει την ποιότητα και την ποσότητα του νερού και πολυάριθμα σενάρια αλλαγής της χρήσης γης, της χρήσης του νερού ή μελλοντικών σεναρίων σχεδιασμού. Έτσι το GENSCN δημιουργήθηκε προκειμένου να δημιουργεί τέτοια σενάρια προσομοίωσης, να αναλύει τα αποτελέσματα τους και τέλος να συγκρίνει τα σενάρια μεταξύ τους.

Όσον αφορά τα δεδομένα τα οποία απαιτεί είναι κάπως διαφορετικού είδους από τα υπόλοιπα μοντέλα. Έτσι ενώ στα περισσότερα μοντέλα θεωρείται η δυναμική εξατμισοδιαπνοή ως δεδομένη, στο GENSCN υπολογίζεται. Άρα εκτός των συνηθισμένων εισερχομένων μεταβλητών της βροχόπτωσης, εξάτμισης, απορροής, καμπυλών των ταμιευτήρων αυτό το μοντέλο απαιτεί ακόμα μερικά δεδομένα. Μερικά από αυτά είναι η θερμοκρασία του αέρα, ο άνεμος που επικρατεί στην περιοχή, υπεριώδης ακτινοβολία, οι νεφώσεις. Η είσοδος των παραπάνω μεταβλητών δίνουν στο μοντέλο μεγαλύτερη αξιοπιστία αλλά και ένα σημαντικό μειονέκτημα που είναι η δυσκολία εξασφάλισης των απαιτούμενων δεδομένων.

Τα αποτελέσματα τα οποία προκύπτουν από την προσομοίωση που πραγματοποιεί αυτό το μοντέλο παρουσιάζονται με τη συνηθισμένη μορφή των γραφημάτων και των πινάκων τόσο των παρατηρούμενων τιμών όσο και των προσομοιωμένων.



Σχήμα 2.4: Δικτυακός τόπος GENSCN: <http://water.usgs.gov/software/genscn.html>

2.6: ARSP (Areas Reservoir Simulation Model)

Το ARSP αποτελεί ένα ισχυρότατο μοντέλο προσομοίωσης πολλαπλών ταμιευτήρων με πολλαπλούς σκοπούς, το οποίο έχει αναπτυχθεί από την BOSS International Corporate Headquarters στις ΗΠΑ. Είναι ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο στη μελέτη της λειτουργίας ενός συστήματος υδατικών πόρων που δίνει τη δυνατότητα στο μηχανικό να αποφασίζει γρήγορα για τις απαιτούμενες απολήψεις προς τις ανταγωνιστικές ζητήσεις. Είναι αρκετά ευέλικτο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για μακροχρόνιο σχεδιασμό όσο και για καθημερινές προσομοιώσεις.

Το συγκεκριμένο μοντέλο μπορεί να αναπαραστήσει κάθε σύστημα υδατικών πόρων ενσωματώνοντας τις φυσικές απορροές, τη βροχόπτωση και την εξάτμιση σαν εισερχόμενες μεταβλητές. Τα υδατικά συστήματα που μπορεί να αναλύσει ποικίλλουν και μπορούν να εμπεριέχουν από έναν απλό ταμιευτήρα μέχρι ένα σύνθετο σύστημα συνδεδεμένων λιμνών και ταμιευτήρων. Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του συστήματος αποτελούν η αποθήκευση και η απόληψη νερού από τους ταμιευτήρες, η φυσική αποφόρτιση από τους ταμιευτήρες, η ροή και οι απώλειες νερού στα κάθε είδους κανάλια καθώς και η παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας. Τα παραπάνω

χαρακτηριστικά λειτουργίας μπορούν να θεωρηθούν είτε σταθερά είτε μεταβλητά με την πάροδο του χρόνου.

Επίσης το ARSP έχει τη δυνατότητα να προσομοιώνει πολλές πολιτικές λειτουργίας του συστήματος οι οποίες προσδιορίζονται βάσει των προτεραιοτήτων που δίνουμε στο νερό. Έτσι οι προτεραιότητες που μπορούν να δοθούν είναι οι εξής:

- Έλεγχος των πλημμυρών
- Παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας
- Ποιότητα νερού
- Ικανοποίηση της ζήτησης σε κάθε είδους χρήστη (γεωργία, κτηνοτροφία, βιομηχανία, ύδρευση)
- Περιβαλλοντικές απαιτήσεις

Όλα τα παραπάνω σενάρια μπορούν να λάβουν χώρα με οποιοδήποτε χρονικό βήμα.

Τέλος το μοντέλο μπορεί να δημιουργήσει και συναρτήσεις κόστους οι οποίες βασίζονται στην περιγραφή του συστήματος και στις προτεραιότητες οι οποίες έχουν καθοριστεί από το χρήστη.

The screenshot displays the BOSS International website's ARSP product overview page. At the top, the BOSS International logo and contact number (1-800-488-4775) are visible. A search bar and navigation menu are present. The main content area is titled 'ARSP Overview' and includes a description of the BOSS ARSP™ (Acres Reservoir Simulation Package) as a multi-purpose simulation model. A line graph titled 'Lake Nipissing' shows water levels over time. To the right, there are four promotional boxes: 'Free Download' (tutorials, documentation, support utilities), 'Engineering Forum' (on-line engineering forum), 'ARSP Literature' (detailed product description in PDF), and 'ARSP Tech Info' (analysis of water resource systems). A 'Buy Now' button is located in the sidebar. The footer contains copyright information and links to legal notices, privacy statement, and accessibility.

Σχήμα 2.5: Δικτυακός τόπος ARSP: www.bossintl.com/html/arsp_overview.html

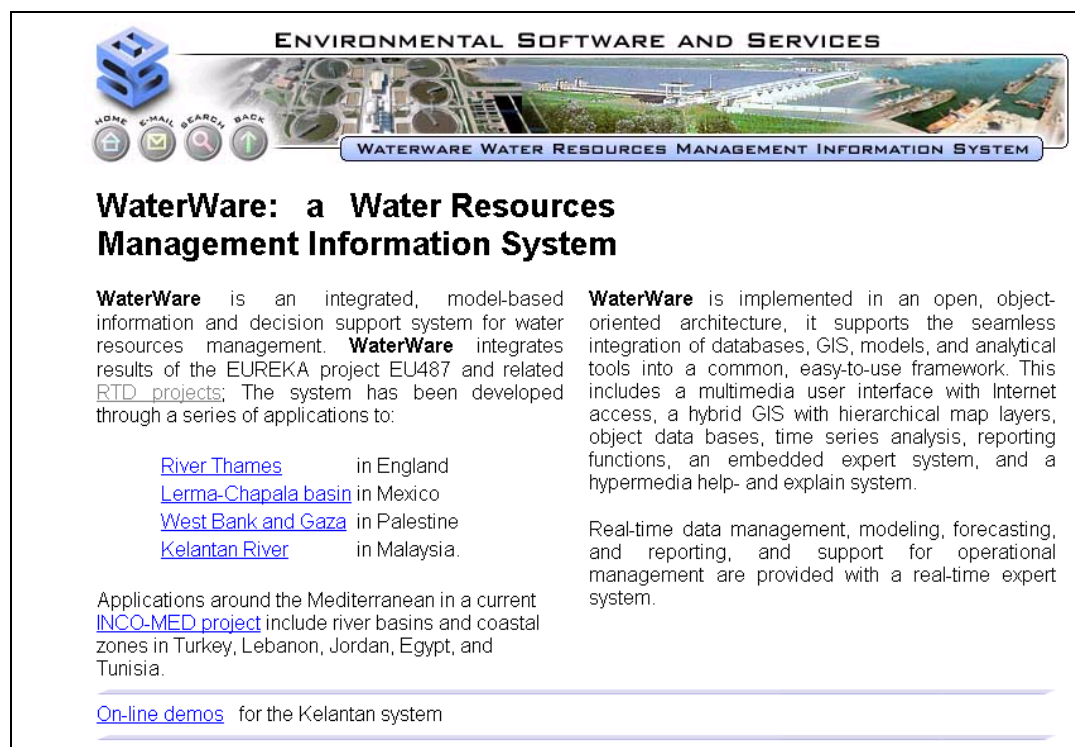
2.7: WATERWARE (A Water Resources Management Information System)

Το WATERWARE προσφέρει ένα ολοκληρωμένο εργαλείο που δημιουργήθηκε από την Environmental Software and Services στην Αυστρία και με το οποίο δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη για μια εύκολη ανάλυση δεδομένων, δημιουργία μοντέλων προσομοίωσης και εκτίμηση επιπτώσεων βασισμένη πάνω σε ορισμένους κανόνες. Δηλαδή μας δίνει τη δυνατότητα της ανάπτυξης μοντέλων, προσομοίωσης και βελτιστοποίησης

Το παραπάνω μοντέλο συνδυάζει:

- Ενσωματωμένο σύστημα GIS, μέσω του οποίου μπορούν να εισέλθουν στο σύστημα μας χάρτες, χρήσης γης και γενικότερα γίνεται πλήρης εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του GIS.
- Χρονοσειρές οι οποίες έχουν ληφθεί από όργανα και οι οποίες δίνουν μια εικόνα της ισχύουσας κατάστασης.
- Στοιχεία του συστήματος με τα οποία μορφοποιείται η περιοχή. Τα στοιχεία αυτά εισέρχονται με την κλασική μορφή των κόμβων όσον αφορά τις χρήσεις του νερού δηλαδή αρδεύσεις, βιομηχανικές χρήσεις, υδρεύσεις κ.α. αλλά με τη μορφή κόμβων εισέρχονται και άλλα στοιχεία όπως οι λίμνες, οι ταμιευτήρες κ.α. Τα υπόλοιπα δεδομένα, δηλαδή λεκάνες απορροής και υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες, μπαίνουν στο σύστημα αυτόνομα.
- Υδρολογικά και μετεωρολογικά δεδομένα. Αυτά τα δεδομένα εισέρχονται με τη μορφή χρονοσειρών οι οποίες αφορούν στις βροχοπτώσεις, στη θερμοκρασία, στην υγρασία, στην ταχύτητα του ανέμου, την εξάτμιση κ.λ.π. Εδώ προσφέρεται η δυνατότητα από το συγκεκριμένο λογισμικό της χρησιμοποίησης ενός ημερήσιου μοντέλου βροχόπτωσης- απορροής, καθώς και ενός διδιάστατου μοντέλου προσομοίωσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.
- Τέλος, στο μοντέλο εισέρχεται και η ποιότητα του νερού σε κάθε ένα από τα παραπάνω δεδομένα. Πρόκειται για ωριαία ως ημερήσια, που έχουν μετρηθεί σε σταθμούς παρατήρησης της ποιότητας του νερού, καθώς και παραγόμενα απόβλητα από τους χρήστες νερού.

Επίσης το WATERWARE προσφέρει μεγάλες δυνατότητες στην εκτίμηση των επιπτώσεων και στη βελτιστοποίηση των στρατηγικών επένδυσης όσον αφορά τη βελτίωση της ποιότητας των νερών. Οι απαιτήσεις του είναι να εισέλθουν οι συναρτήσεις του κόστους τόσο της εγκατάστασης όσο και της λειτουργίας των μονάδων επεξεργασίας των αποβλήτων.



ENVIRONMENTAL SOFTWARE AND SERVICES

WATERWARE WATER RESOURCES MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM

WaterWare: a Water Resources Management Information System

WaterWare is an integrated, model-based information and decision support system for water resources management. **WaterWare** integrates results of the EUREKA project EU487 and related [RTD projects](#); The system has been developed through a series of applications to:

- [River Thames](#) in England
- [Lerma-Chapala basin](#) in Mexico
- [West Bank and Gaza](#) in Palestine
- [Kelantan River](#) in Malaysia.

Applications around the Mediterranean in a current [INCO-MED project](#) include river basins and coastal zones in Turkey, Lebanon, Jordan, Egypt, and Tunisia.

[On-line demos](#) for the Kelantan system

WaterWare is implemented in an open, object-oriented architecture, it supports the seamless integration of databases, GIS, models, and analytical tools into a common, easy-to-use framework. This includes a multimedia user interface with Internet access, a hybrid GIS with hierarchical map layers, object data bases, time series analysis, reporting functions, an embedded expert system, and a hypermedia help- and explain system.

Real-time data management, modeling, forecasting, and reporting, and support for operational management are provided with a real-time expert system.

Σχήμα 2.6: Δικτυακός τόπος WATERWARE: www.ess.co.at/WATERWARE/

2.8: THANNI (Tools for the Holistic Analysis of Natural Network Information)

Το THANNI είναι ένα μοντέλο το οποίο έχει αναπτυχθεί από την παγκόσμια τράπεζα και αποτελείται από δύο βασικά συστατικά:

- Ένα σύστημα πληροφοριών το οποίο βοηθά στο να οργανωθούν οι υδρολογικές, αρδευτικές, αστικές και όποιες άλλες πληροφορίες διαθέτουμε.
- Ένα μοντέλο βελτιστοποίησης το οποίο μεγιστοποιεί τα οφέλη από τις χρήσεις του νερού.

Και τα δύο παραπάνω έχουν φτιαχτεί με τέτοιο τρόπο ο οποίος τα κάνει ευέλικτα έτσι ώστε να λαμβάνεται υπόψη ένας μεγάλος αριθμός σεναρίων, η αναβάθμιση των δεδομένων που εισέρχονται στο πρόγραμμα και ο επανασχεδιασμός των μοντέλων.

Το THANNI χρησιμοποιεί μια ποικιλία διάσημων προγραμμάτων όπως το Microsoft Excel και το πακέτο βελτιστοποίησης GAMS. Το μοντέλο βελτιστοποίησης που προσφέρεται είναι ένα μηνιαίο μοντέλο με μεταβλητές απόφασης τις ποσότητες νερού που κατανέμονται στους χρήστες, η ζήτηση των αρδεύσεων, οι εισροές νερού στο σύστημα, η λειτουργία των ταμιευτήρων κ.α. Τα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης παρουσιάζονται είτε με τη μορφή πινάκων είτε γραφικά.

Επιπλέον δίνει στους χρήστες που θα πάρουν τις αποφάσεις, ένα σημαντικό βοηθητικό εργαλείο για να εξετάσουν μια πληθώρα σεναρίων συνδυάζοντας πολλές παραμέτρους.

Δικτυακός τόπος THANNI: www.commonwealthknowledge.net/thanni/

2.9: HYDROSOFT 2000

Το HYDROSOFT 2000 αποτελεί ένα λογισμικό το οποίο έχει ευρεία χρήση κυρίως σε επαγγελματικό επίπεδο και αναπτύχθηκε από την P.B Lamontagne-A.Desjardins στον Καναδά. Ο λόγος για τον οποίο είναι διαδεδομένο είναι πως προσφέρει σημαντική βοήθεια στη διαχείριση των λεκανών απορροής σε τοπικό επίπεδο.

Έχει τη δυνατότητα να ελέγχει και να ομαδοποιεί τις υπάρχουσες υδρολογικές και κλιματικές χρονοσειρές καθώς και να ενσωματώνει τους ισχύοντες κανόνες λειτουργίας.

Η σημαντικότητα έγκειται στο γεγονός πως μπορεί να κάνει στοχαστική βελτιστοποίηση της διανομής του νερού στους χρήστες με πρώτη προτεραιότητα την ελαχιστοποίηση της έλλειψης νερού στην άρδευση. Ακόμα προβλέπει τις περιόδους ξηρασίας και πλημμύρας και εκτιμά τα ρίσκα σε αυτές τις περιπτώσεις. Επιπλέον, με τη βοήθεια μιας ντετερμινιστικής βελτιστοποίησης των ορίων για τους ταμιευτήρες,

τις γεωτρήσεις, τους υπερχειλιστές κ.α. προλαμβάνει τις πλημμύρες και ελαχιστοποιεί τις καταστροφές.

Το HYDROSOFT λοιπόν κάνει βέλτιστη χρήση του διατιθέμενου νερού χρησιμοποιώντας μια αντικειμενική συνάρτηση η οποία βασίζεται στην μεγιστοποίηση των οφελών της εκάστοτε τοπικής υδρολογικής λεκάνης. Αυτή η βέλτιστη λύση που δίνει το μοντέλο μπορεί να είναι είτε σε μακροχρόνια προοπτική συσχετίζοντας και άλλες παραμέτρους όπως τα κοινωνικοοικονομικά κριτήρια είτε σε βραχυχρόνια όταν οι συνθήκες το επιβάλλουν.

Οι βασικότεροι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη σε αυτή τη βελτιστοποίηση είναι:

- Η ελάχιστη και μέγιστη στάθμη των ταμιευτήρων
- Οι μέγιστες ροές προς την άρδευση
- Οι ελάχιστες απαιτούμενες ροές κατάντη των ταμιευτήρων π.χ για οικολογικούς σκοπούς
- Οι ελάχιστοι όγκοι του ταμιευτήρα σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές

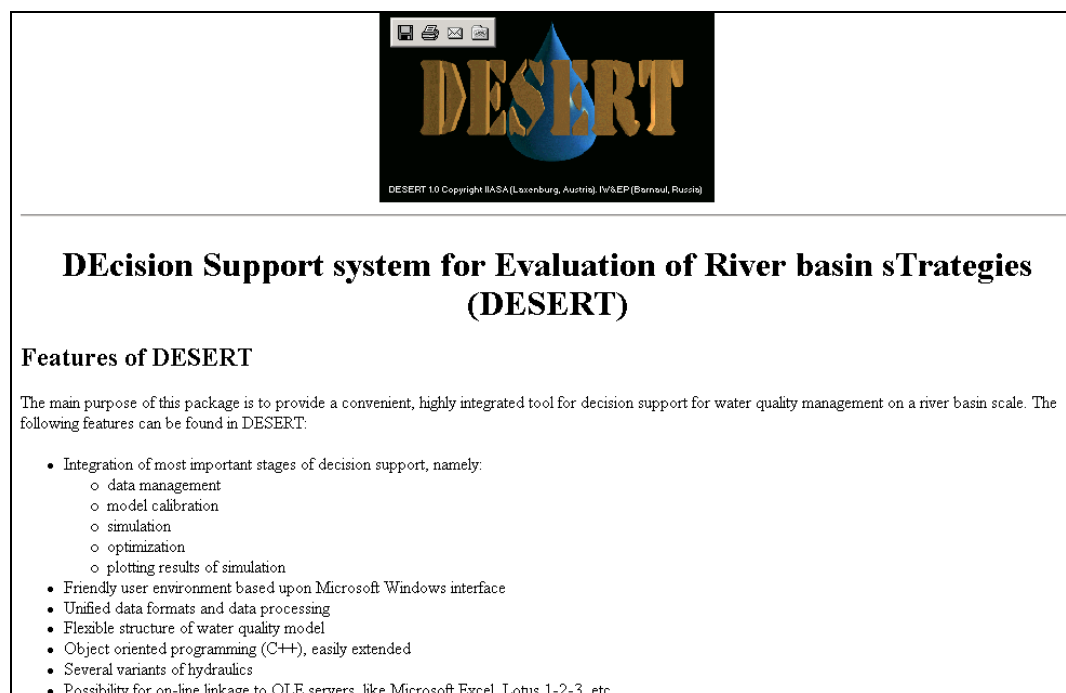
Δικτυακός τόπος HYDROSOFT 2000: www.hydrosoftenergie.com/

2.10: DESERT (Decision Support system for evaluation of River basins sTrategies)

Το DESERT αναπτύχθηκε από το Panel Ivanov Publications Department και βασικός σκοπός του συγκεκριμένου πακέτου είναι να προσφέρει ένα εύχρηστο αλλά ταυτόχρονα ιδιαίτερα αξιόπιστο εργαλείο για τη διαχείριση της ποιότητας του νερού σε επίπεδο υδατικού συστήματος. Έτσι προσφέρει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση με τα εξής στάδια:

- Διαχείριση των εισερχόμενων μεταβλητών. Δηλαδή οι μεταβλητές οι οποίες υπάρχουν σαν δεδομένα μπορούν να τύχουν επεξεργασίας από το πρόγραμμα και να βελτιωθούν σε αξιοπιστία.
- Διαμόρφωση της προσομοίωσης ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες του συστήματος και τις τοπικές ιδιαιτερότητες

- Προσομοίωση της ποιότητας του νερού με αναλυτικά αποτελέσματα για την πλειοψηφία των ουσιών που επηρεάζουν την ποιότητα του νερού (BOD, διαλυμένο οξυγόνο, φώσφορος, νιτρικά κ.α.)
- Βελτιστοποίηση του όλου συστήματος όσον αφορά την ποιοτική παράμετρο του νερού.



Σχήμα 2.7.

Δικτυακός τόπος DESERT: www.iiasa.ac.at/Research/WAT/docs/desert.html

2.11: GIBSI (A spatial DSS for Integrated watershed management)


Το GIBSI αποτελεί ένα διαχειριστικό λογισμικό το οποίο επιτρέπει στους χρήστες να εξετάζουν πολλές εναλλακτικές λύσεις όσον αφορά τη μοντελοποίηση των υδρολογικών λεκανών τόσο σε ποσοτικό όσο και σε ποιοτικό επίπεδο. Δημιουργήθηκε από το πανεπιστήμιο του Κεμπέκ και μέχρι σήμερα έχει χρήσεις κυρίως ακαδημαϊκές.

Το σύστημα αποτελείται από έναν συνδυασμό GIS, ενός συστήματος μεταβλητών και διαφόρων υδρολογικών μοντέλων. Ωστόσο είναι διαμορφωμένο με

τέτοιο τρόπο ώστε να μην εξαρτάται από τα παραπάνω συστήματα και να μπορεί να λειτουργήσει και χωρίς την παρουσία των συγκεκριμένων.

Το χρονικό βήμα στο οποίο λειτουργεί το GIBSI είναι εικοσιτέσσερις ώρες και η υδρολογική μονάδα της προσομοίωσης είναι οι υδρολογικές λεκάνες. Όσον αφορά την προέλευση της ρύπανσης κύρια ρυπογόνος πηγή είναι οι χρήσεις γης (κατά κύριο λόγο η άρδευση) ενώ κύριος τρόπος μεταφοράς αποτελεί η επιφανειακή απορροή.

Επίσης δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να εξετάζει τις επιπτώσεις διαφορετικών αρδευτικών παραγόντων (π.χ. ποσοστά λιπασμάτων ή εναλλαγή σοδειών) καθώς και να μελετά τις τοπικές πηγές ρύπανσης δηλαδή αστικές και βιομηχανικές. Όλα τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με τη βοήθεια χαρτών, γραφημάτων και πινάκων.



GIBSI
Gestion Intégrée des Bassins versants à l'aide d'un Système Informatisé

Ce répertoire présente une description succincte de GIBSI, Gestion Intégrée des Bassins versants à l'aide d'un Système Informatisé. Ce système permet aux gestionnaires de l'eau d'explorer divers modes de gestion de l'eau et du territoire à l'échelle du bassin versant (tant en terme de qualité que de volume et de masse). Les items inclus dans ce répertoire vous permettront d'apprécier les composantes de ce système informatisé (description sommaire de GIBSI, de ses principaux attributs et des modèles de simulation). De plus, une présentation récente de GIBSI lors d'un séminaire à l'INRS-Eau vous donne un aperçu d'une application potentielle dans le cadre de la réalisation d'un schéma directeur de l'eau.

- [GIBSI, groupe de recherche](#)
- [Description sommaire de GIBSI \(Quantité - Qualité\)](#)
- [Principaux attributs du système](#)
- [Description sommaire des modèles de simulation](#)
- [Exemple d'Utilisation de GIBSI dans le Cadre de la Réalisation d'un Schéma Directeur de l'Eau - SDE](#)
(Taille maximum des images: 98 Ko)
- [Gestion Intégrée de l'Eau par Bassin Versant](#). Présentation faite dans le cadre d'un séminaire présenté au Département d'Aménagement, Université Laval, 7 avril 2000

[Retour au menu des modèles](#)

Σχήμα 2.8.

Δικτυακός τόπος GIBSI: www.inrs-eau.quebec.ca/activities/moadeles/gibsi/

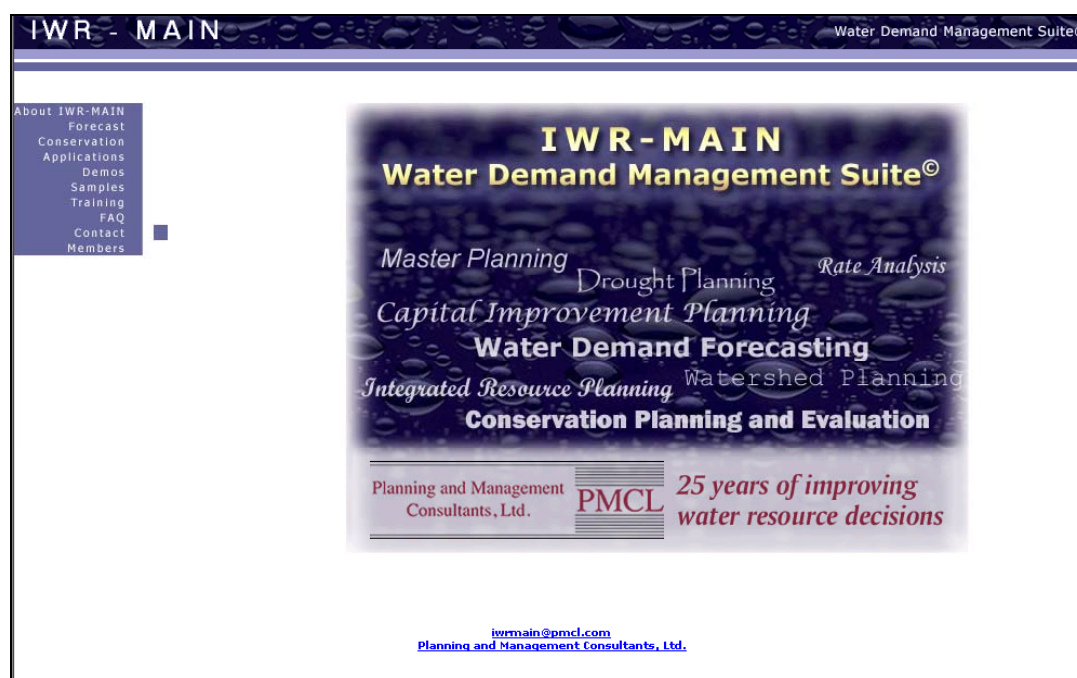
2.12: IWR- MAIN (Water Demand Management Suite)

Προμηθευτής του παραπάνω λογισμικού είναι η PMC Ltd που εδρεύει στις Ηνωμένες Πολιτείες. Αποτελεί συνδυασμό διαχειριστικού και οικονομικού λογισμικού με ευρεία χρήση το οποίο έχει σχεδιαστεί για τις εξής τρεις περιπτώσεις:

- Μελέτη και κατάρτιση αστικών και βιομηχανικών αναγκών σε νερό
- Ανάλυση των εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων νερού και ενσωμάτωση τους στις ανάγκες σε νερό
- Ανάλυση των οικονομικών οφελών από τις εναλλακτικές χρήσεις του νερού.

Το IWR- MAIN διευκολύνει τη λήψη αποφάσεων στις παρακάτω περιπτώσεις:

- Πρόβλεψη των απαιτήσεων σε νερό
- Σχεδιασμός αντιμετώπισης της ξηρασίας
- Γενικός (ολοκληρωμένος) σχεδιασμός
- Ρυθμός ανάπτυξης
- Σχεδιασμός υδρολογικών λεκανών
- Σχεδιασμός βελτίωσης του κεφαλαίου
- Ολοκληρώμενος σχεδιασμός και προγραμματισμός των υδατικών πόρων
- Αξιολόγηση και διατήρηση των πόρων



Σχήμα 2.9: Δικτυακός τόπος IWR-MAIN: www.iwrmain.com

2.13: ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ

Ο Υδρονομέας, ο οποίος αναπτύχθηκε από την ερευνητική ομάδα ΙΤΙΑ του τομέα Υδατικών Πόρων του ΕΜΠ, αποτελεί ένα σύστημα υποστήριξης της διαχείρισης υδατικών πόρων. Ο σχεδιασμός του έδωσε βάση στην απάντηση καίριων ερωτημάτων που απασχολούν τους διαχειριστές όπως:

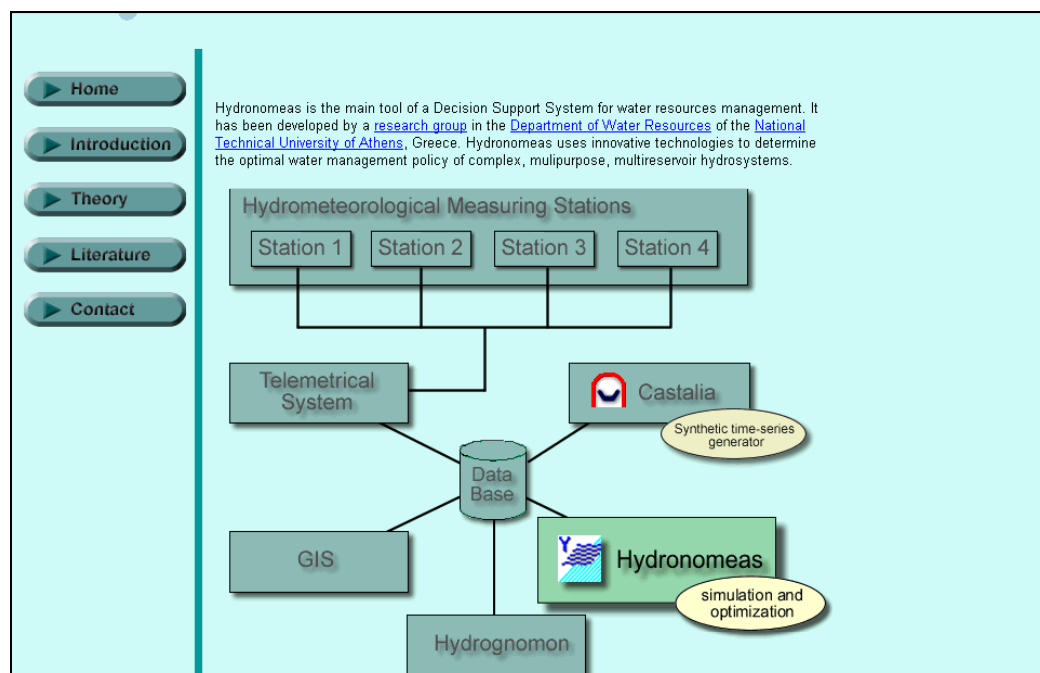
- Ποια είναι η ασφαλής απόδοση του υδροσυστήματος για δεδομένη αξιοπιστία και υδρολογικό καθεστώς;
- Πώς μπορεί να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα μη επίτευξης των στόχων;
- Ποιο είναι το ελάχιστο κόστος προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι;
- Πώς μπορούν να επιδράσουν στο σύστημα πιθανά διαφορετικά σενάρια ή μελλοντικές αλλαγές;

Οι στόχοι που χωρίζεται ο Υδρονομέας είναι:

- Η κάλυψη της ζήτησης σε νερό για άρδευση ή ύδρευση
- Η διατήρηση για λόγους ασφαλείας αποθεμάτων σε προεπιλεγμένους ταμιευτήρες
- Ελάχιστη, μέγιστη ή επιθυμητή παροχή σε υδραγωγεία
- Εξασφάλιση της παραγωγής πρωτεύουσας υδροηλεκτρικής ενέργειας.

Το μεγάλο πλεονέκτημα του Υδρονομέα είναι πως η απόφαση για το πώς θα εξυπηρετηθούν οι στόχοι δεν είναι μέλημα του διαχειριστή αλλά προϊόν του συστήματος. Έτσι παίρνουμε απαντήσεις για την κατανομή του νερού σε σύνθετες περιπτώσεις όπως όταν π.χ.:

- Πολλαπλές χρήσεις του νερού είναι ανταγωνιστικές μεταξύ τους και δεν μπορούν να εξυπηρετηθούν ταυτόχρονα λόγω ελλείμματος
- Κάποιοι στόχοι μπορούν να εξυπηρετηθούν από περισσότερους του ενός υδατικούς πόρους
- Υπάρχει πλεόνασμα νερού και προκειμένου να είναι και αυτό αξιοποιήσιμο πρέπει να διοχετευτεί σε κατάντη ταμιευτήρες
- Η παροχαρακτηριστικότητα των υδραγωγείων δεν επαρκεί για την κάλυψη της κατάντη ζήτησης



Σχήμα 2.10: Δικτυακός τόπος: www.itia.ntua.gr/hydronomeas/

2.14: WEAP (Water Evaluation and Planning System)

Το WEAP αποτελεί ένα ευρέως διαδεδομένο διαχειριστικό πακέτο που προσφέρεται από το Stockholm Environmental Institute της Βοστώνης του οποίου η αξία έγκειται στο γεγονός ότι μπορεί να συνδυαστεί με πάρα πολλά σχετικά εργαλεία.

Η αξιολόγηση προβλημάτων που σχετίζονται με το νερό γίνεται με πολλαπλούς τρόπους, μεταξύ ζήτησης και διαθέσιμης ποσότητας, μεταξύ ποσότητας και ποιότητας του νερού και μεταξύ της οικονομικής ανάπτυξης και των περιβαλλοντικών περιορισμών

Οι δυνατότητες που έχει το WEAP είναι οι εξής:

- Ανάλυση σεναρίων: Δημιουργούνται πολλά σενάρια στα οποία εισέρχεται ένας μεγάλος αριθμός παραμέτρων οι οποίες συνήθως ποικίλλουν. Τέτοιου είδους παράμετροι οι οποίες μπορούν να διαφέρουν ανάλογα με το χρόνο, το χώρο κ.α. είναι π.χ. οικονομικής φύσεως, δημογραφικής, υδρολογικής, τεχνολογικής κ.α.
- Διαχείριση της ζήτησης: Δεν απαιτείται η ζήτηση του κάθε είδους χρήσης να είναι γνωστή αφού το WEAP παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να την υπολογίσει από επί μέρους στοιχεία. Έτσι η αρδευτικές ανάγκες μπορούν να

υπολογιστούν μέσω του είδους των καλλιεργειών, του τρόπου άρδευσης και της περιοχής της καλλιέργειας. Ο αστικός παράγοντας υπολογίζεται βάσει του πληθυσμού της αστικής περιοχής ενώ η βιομηχανική ζήτηση βάσει των απαιτήσεων των βιομηχανικών προϊόντων.

- Λαμβάνει υπόψη του της υδατικές ανάγκες των οικοσυστημάτων. Προσφέρει μια πρώτη προσέγγιση για τη ρύπανση που προκαλεί ο κάθε παράγοντας ρύπανσης στο οικοσύστημα συνολικά, θεωρώντας πως η ρύπανση γεννιέται από δύο πηγές.

A. Τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας τόσο πόσιμοι νερού όσο και λυμάτων

B. Την επιφανειακή απορροή στις λεκάνες π.χ. τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται στη γεωργία και λόγω της απορροής μεταφέρονται στα επιφανειακά νερά. Η απορροή μπορεί να ρυπάνει και τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα λόγω της διήθησης των νερών και της μεταφοράς των ρύπων στα υπόγεια νερά.

WEAP Water Evaluation And Planning System

A Project of: **SEI** Boston Centre STOCKHOLM ENVIRONMENT INSTITUTE

MENU

- About WEAP
 - Home
 - Why WEAP?
 - Features
 - Sample Screens
 - Demonstration
 - Applications **NEW**
- Obtaining WEAP
 - Download
 - Documentation
- Using WEAP
 - Tutorial
 - User Forum **NEW**
 - Resources **NEW**
- Additional Support
 - Training
 - Collaboration
 - Database of Users **NEW**
- About Us
 - SEI-B Water & Development Program
 - Please Contact Us

WATER NEWS

Coca-Cola to double its share of UK bottled

Welcome to WEAP!

WEAP ("Water Evaluation And Planning" system) is a user-friendly software tool that takes an integrated approach to water resources planning.

NEW Free licenses available for not-for-profit organizations in developing countries

Freshwater management challenges are increasingly common. Allocation of limited water resources between agricultural, municipal and environmental uses now requires the full integration of supply, demand, water quality and ecological considerations. The Water Evaluation and Planning system, or WEAP, aims to incorporate these issues into a practical yet robust tool for integrated water resources planning. WEAP is developed by the [Stockholm Environment Institute's Boston Center](#) at the [Tellus Institute](#).

WEAP Highlights

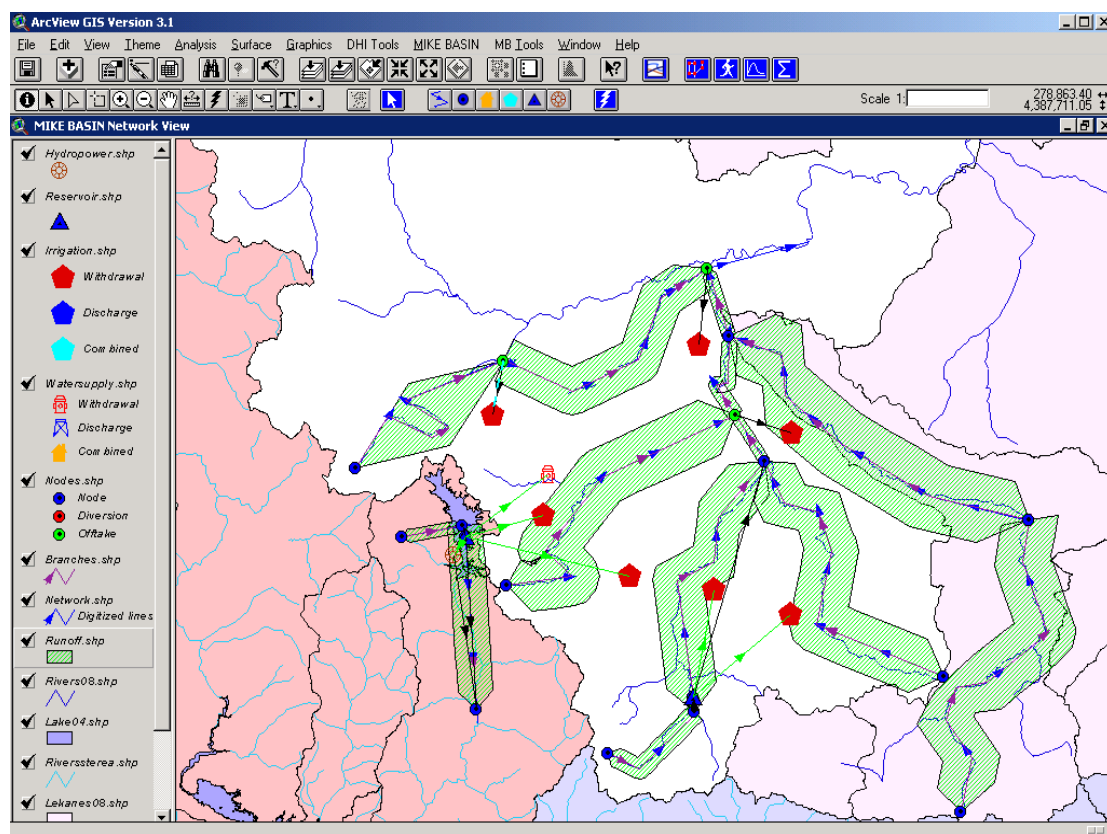
Integrated Approach	Unique approach for conducting integrated water resources planning assessments
Stakeholder Process	Transparent structure facilitates engagement of diverse stakeholders in an open process
Water Balance	A database maintains water demand and supply information to drive mass balance model on a link-node architecture
Simulation Based	Calculates water demand, supply, flows, and storage, and pollution generation, treatment and discharge under varying hydrologic and policy scenarios
	Evaluates a full range of water development and management

Σχήμα 2.11: Δικτυακός τόπος WEAP: www.weap21.org/

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Το πρόγραμμα MIKE BASIN

3.1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παραπάνω πρόγραμμα αποτελεί μια προσπάθεια για την όσο το δυνατόν καλύτερη αξιοποίηση των υδατικών πόρων κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Σε γενικές γραμμές το πρόγραμμα αυτό αποτελεί μια μαθηματική προσομοίωση των βασικών ποταμών μιας περιοχής και των κυριότερων παραποτάμων τους, την υδρολογία των λεκανών στο χώρο και το χρόνο καθώς και τις κυριότερες χρήσεις και ανάγκες σε νερό. Επίσης απεικονίζονται τα υπόγεια νερά και η ποιότητα του νερού συνολικά. Η λειτουργία του βασίζεται στο συνδυασμό του Arc View Gis με υδρολογικά μοντέλα.



Σχήμα 3.1: Πλατφόρμα εργασίας του MIKE BASIN

Το MIKE BASIN είναι δομημένο ως ένα δίκτυο στο οποίο τα ποτάμια αναπαριστώνται ως κλάδοι και κόμβοι. Οι κλάδοι είναι τα μεμονωμένα κομμάτια ροής ενώ οι κόμβοι παριστάνουν συμβολές, σημεία που παρατηρείται συγκεκριμένη χρήση νερού και κάποια άλλα σημεία στα οποία κρίνεται απαραίτητο να έχουμε αποτελέσματα από το μοντέλο. Το σκεπτικό του συγκεκριμένου μοντέλου είναι να μπορεί να δώσει σταθερά αποτελέσματα για κάθε χρονικό βήμα το οποίο συνήθως θεωρείται ο μήνας και πιο σπάνια η μέρα.

Τα βασικά πλεονεκτήματα του MIKE BASIN είναι η μεγάλη του ταχύτητα γεγονός που επιτρέπει την θεώρηση πολλών σεναρίων. Η προσέγγιση που επιτυγχάνεται μπορεί να έχει ιδιαίτερα σταθερές λύσεις αρκεί ωστόσο η χρονική κλίμακα της όλης διαδικασίας να μην είναι μικρότερη από το χρονικό βήμα της προσομοίωσης.

Το μοντέλο βασίζεται στη λογική της ψηφιοποίησης του όλου δικτύου. Βασική εισερχόμενη μεταβλητή είναι οι δεδομένες χρονοσειρές της απορροής στις υδρολογικές λεκάνες και η επαναφόρτιση του υπογείου ορίζοντα. Επιπλέον εισερχόμενες μεταβλητές είναι τα χαρακτηριστικά και η λειτουργία των ταμιευτήρων, οι μετεωρολογικές χρονοσειρές καθώς και τα δεδομένα για τις χρήσεις νερού (άρδευση, ύδρευση, υδροηλεκτρική ενέργεια). Η κάθε μεταβλητή παρουσιάζεται αναλυτικά παρακάτω.

Στις περιπτώσεις της έλλειψης νερού το MIKE BASIN μπορεί να κατανείμει το νερό στους χρήστες βάσει δύο λογικών: Πρώτη λογική είναι να έχουν προτεραιότητα οι τοπικοί χρήστες, δηλαδή πως οι γειτονικοί χρήστες έχουν πλεονέκτημα σε σχέση με τους απομακρυσμένους. Η δεύτερη είναι το νερό να διανέμεται στους χρήστες ανεξάρτητα από τη θέση τους. Όταν στο σύστημα έχουμε και υπόγεια νερά, τότε η λογική με την οποία λειτουργεί το πρόγραμμα είναι η πρώτη.

Σύμφωνα με αυτή τη λογική, οι χρήστες του νερού που στο σύστημα μας αναπαριστούνται με κόμβους μπαίνουν σε σειρά προτεραιότητας. Δηλαδή αν π.χ. η τροφοδοσία του νερού γίνεται από έναν ταμιευτήρα πρώτα θα ικανοποιήσει τη ζήτηση του ο πρώτος κόμβος στη συνέχεια ο δεύτερος (αν υπάρχει απόθεμα) κλπ.

Λόγω της πολυπλοκότητας και των πολλών δεδομένων πριν την έναρξη του προγράμματος θα πρέπει να σχηματοποιήσουμε την περιοχή με τέτοιο τρόπο προκειμένου να είναι δυνατή η αντιμετώπιση του προβλήματος. Έτσι, πολλούς μικρούς κλάδους ποταμιών τους κάνουμε έναν κεντρικό ή πολλές μικρές αρδευτικές

εκτάσεις τις σχηματοποιούμε σε μία ενιαία. Επίσης, μια ακόμα παράμετρος είναι τα υπόγεια νερά που στο πλαίσιο της συγκεκριμένης εργασίας θα τα θεωρήσουμε μόνο ως τα νερά που προσλαμβάνονται μόνο μέσω γεωτρήσεων.

3.2 : ΣΧΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ

Περνώντας στη λειτουργία του προγράμματος αυτό που τη χαρακτηρίζει είναι η απλότητα της. Πρώτο μας μέλημα είναι να ψηφιοποιήσουμε το ποτάμιο δίκτυο και στη συνέχεια να προσθέσουμε τους κατάλληλους κόμβους στις κατάλληλες θέσεις. Η ψηφιοποίηση αυτή γίνεται με το χέρι δουλεύοντας είτε σε Arc View είτε πάνω σε ένα απλό χάρτη της περιοχής. Οι κόμβοι είναι δύο ειδών: αυτοί που μπαίνουν πάνω στο ποτάμι και αυτοί που βρίσκονται έξω από αυτό. Οι πρώτοι τοποθετούνται σε συγκεκριμένα σημεία, όπως στη συμβολή δύο ποταμών, στο σημείο διακλάδωσης ενός ποταμού, στο ανάντη και κατάντη άκρο, όπως και στα σημεία όπου υπάρχει ταμιευτήρας. Οι δεύτεροι είναι κόμβοι που φανερώνουν χρήστες νερού, όπως αρδευτικές περιοχές, υδρεύσεις, παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας.

3.3: ΚΟΜΒΟΙ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΩΝ ΠΟΤΑΜΩΝ

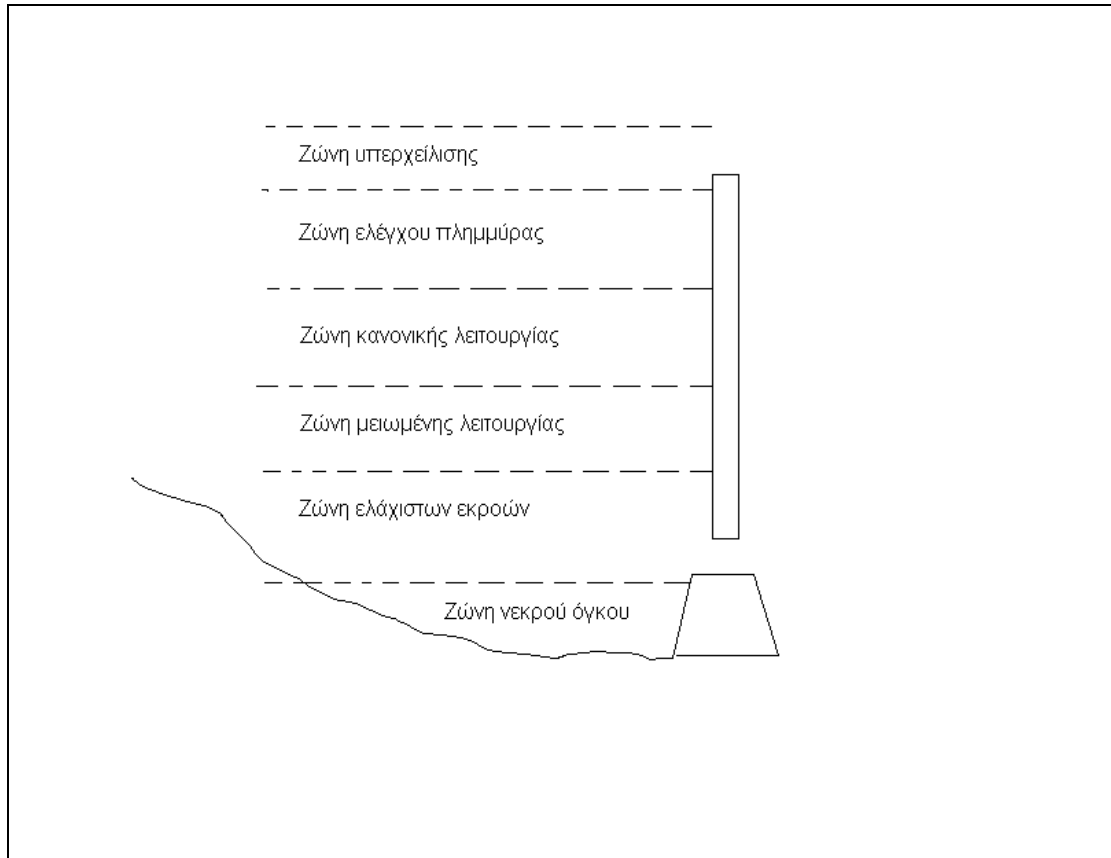
Οι κόμβοι που τοποθετούνται πάνω στο ποτάμιο σύστημα χωρίζονται στις εξής κατηγορίες: απλοί, κόμβοι λεκανών, κόμβοι οι οποίοι παρέχουν νερό στους εξωτερικούς χρήστες και κόμβοι ταμιευτήρων. Αυτοί οι δύο ειδών κόμβοι μπορούν να μετατραπούν σε κόμβους απόσπασης νερού (off take node) και σε κόμβους διακλάδωσης. Μετατρέπονται σε κόμβους απόσπασης όταν μετά τη σχηματοποίηση του δικτύου αποτελούν σημείο απόσπασης νερού και σε κόμβους διακλάδωσης όταν σε αυτό το σημείο διακλαδώνεται το ποτάμι. Η όλη διαδικασία της τοποθέτησης είναι αρκετά απλή και πραγματοποιείται με τη βοήθεια εργαλείων που μας προσφέρει το MIKE BASIN. Ωστόσο, αν και με τη σχηματοποίηση του δικτύου ο κόμβος χαρακτηρίζεται αυτόματα, ο χρήστης θα πρέπει να οριοθετήσει την προτεραιότητα των κατάντη συνδέσεων.

Με τη σχηματοποίηση του δικτύου ανάντη των κόμβων απορροής σχηματίζεται μια λεκάνη απορροής. Σύμφωνα με το πρόγραμμα, όλο το νερό που απορρέει από αυτή τη λεκάνη περνά και συλλέγεται στον συγκεκριμένο κόμβο. Αυτή η λεκάνη παίρνει ένα αυθαίρετο σχήμα και μια αυθαίρετη έκταση. Ο χρήστης, παρόλα αυτά, έχει σε αυτό το σημείο δύο επιλογές: είτε δίνει στη λεκάνη το πραγματικό της σχήμα και ως εκ τούτου και την πραγματική έκταση είτε απλώς βάζει αριθμητικά τη πραγματική έκταση της λεκάνης.

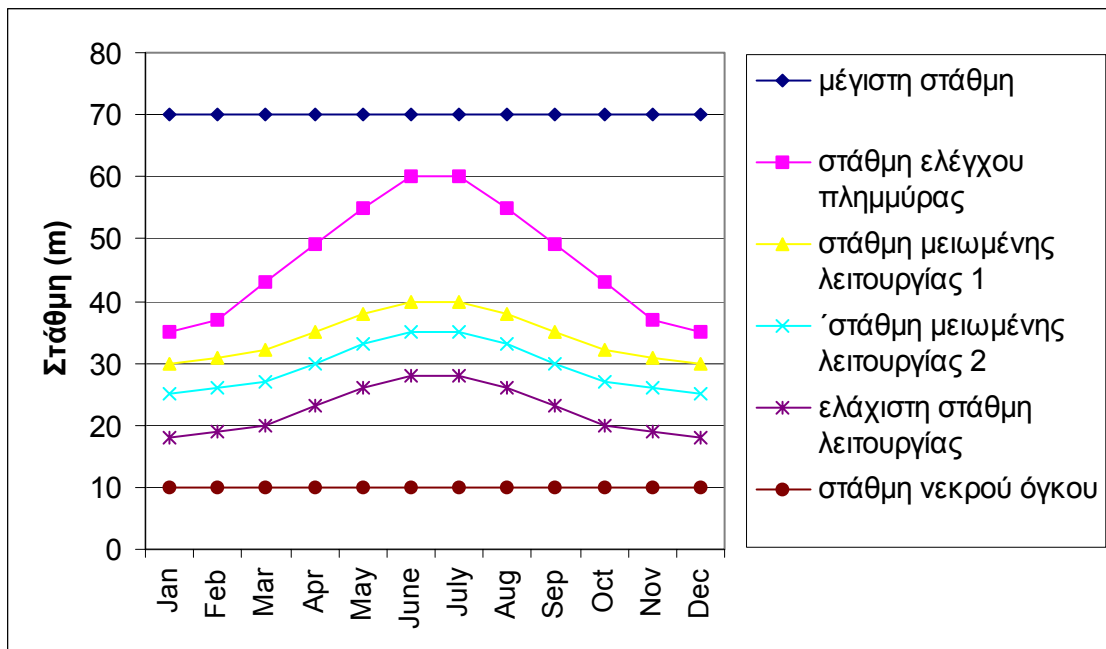
3.4: ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΕΣ

Σημαντικός κόμβος για το πρόγραμμα είναι ο κόμβος που αναπαριστά έναν ταμιευτήρα. Ο κόμβος ταμιευτήρα τοποθετείται πάνω σε ήδη υπάρχοντα κόμβο του ποτάμιου συστήματος και μάλιστα σε απλό κόμβο. Αν τοποθετηθεί πάνω σε κόμβο απορροής η προσομοίωση θα δώσει ψευδή αποτελέσματα. Η καλύτερη λύση λοιπόν είναι ο κόμβος του ταμιευτήρα να μπει σε απλό κόμβο οποίος βρίσκεται αμέσως κατάντη ενός κόμβου απορροής. Έτσι, θέτοντας ως ανάντη σύνδεση αυτόν τον κόμβο απορροής θα έχουμε την επιθυμητή ποσότητα εισερχομένου νερού στη λίμνη.

Μια σημαντική παράμετρος του MIKE BASIN όσο αφορά τους ταμιευτήρες είναι οι συντελεστές που περιορίζουν την απόληψη ανάλογα με τη στάθμη. Έτσι ο κάθε χρήστης ανάλογα με τις προτεραιότητες που θέτει μπορεί να οριοθετήσει τα ύψη ανάμεσα στα οποία θα κινείται η στάθμη της λίμνης και συνεπώς τις απολήψιμες ποσότητες νερού. Αυτοί οι συντελεστές εισέρχονται με τη μορφή στάθμης και η λογική τους εκφράζεται εποπτικά στα σχήματα 3.2 και 3.3.



Σχήμα 3.2: Διαχωρισμός ταμιευτήρα σε ζώνες



Σχήμα 3.3: Καμπύλες στάθμων ταμιευτήρα

3.5: ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ

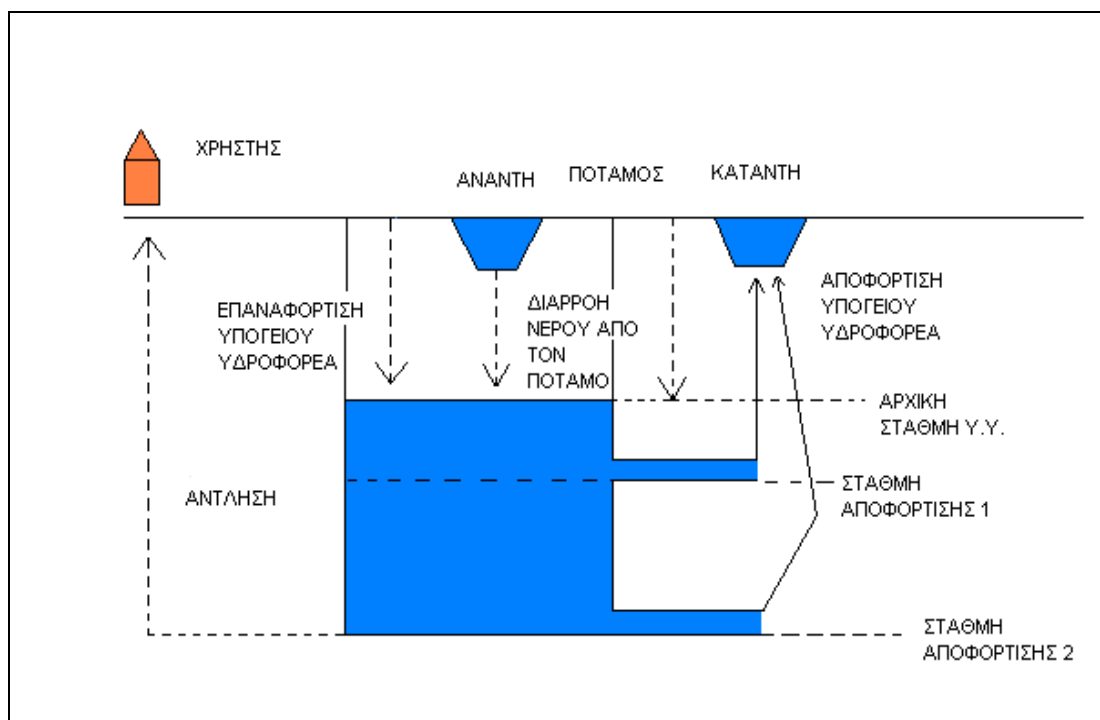
Ένα κρίσιμο σημείο για τη σχηματοποίηση του δικτύου αποτελούν τα υπόγεια νερά, τα οποία είναι άρρηκτα δεμένα με τις λεκάνες απορροής των ποταμών. Σύμφωνα με το πρόγραμμα, ο υπόγειος υδροφορέας αλληλεπιδρά με τα επιφανειακά νερά με τους εξής τέσσερις τρόπους:

- Με τις διαρροές που υπάρχουν από το ποτάμι προς τον υδροφόρο ορίζοντα
- Με την επαναφόρτιση των υπογείων υδάτων μέσω της βροχόπτωσης και τις απορροής στις λεκάνες
- Με την αποφόρτιση του υπόγειου υδροφορέα μέσω ροής υπόγειου ύδατος προς την επιφάνεια.
- Με τις γεωτρήσεις μέσω των οποίων αποσπάται υπόγειο νερό και διοχετεύεται προς τους χρήστες.

Όσον αφορά την ποιότητα του νερού του υπόγειου υδροφορέα, η μεταφορά διαλυμένων ουσιών σε αυτόν θεωρείται ως συντηρητική. Λόγω λοιπόν αυτής της απλούστευσης, το MIKE BASIN δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για λεπτομερή ανάλυση της μεταφοράς διαλυμένων ουσιών στον υπόγειο υδροφορέα.

Ένα ακόμα σημείο που αξίζει να αναφερθεί είναι πως γίνεται η θεώρηση ότι τα όρια των υπογείων υδάτων είναι ακριβώς τα ίδια με αυτά των επιφανειακών λεκανών απορροής.

Το μοντέλο σύμφωνα με το οποίο λειτουργεί ο υπόγειος υδροφορέας είναι αυτό του «γραμμικού ταμιευτήρα» και απεικονίζεται στο σχήμα 3.4.



Σχήμα 3.4: Μοντέλο λειτουργίας γραμμικού ταμιευτήρα

Στο παραπάνω μοντέλο η αποφόρτιση του υπόγειου υδροφορέα είναι ανάλογη της στάθμης του υπογείου ορίζοντα. Η λειτουργία του λοιπόν, είναι ένα απλό υδατικό ισοζύγιο. Είναι δηλαδή πολύ πιθανό ο υπόγειος ορίζοντας να αδειάσει ή να υπερχειλίσει ανάλογα με το συσχετισμό των εισροών και των εκροών.

Από τις παραπάνω τέσσερις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των υπογείων και των επιφανειακών νερών οι τρεις πρώτες είναι φυσικές διεργασίες ενώ η τέταρτη είναι μια εξωγενής δραστηριότητα, η οποία συντελεί στην ταπείνωση της στάθμης του υπόγειου ορίζοντα. Τα ποσοστά νερού που πρέπει να αποσπαστούν μέσω των αντλήσεων εξαρτώνται από τους χρήστες και γι' αυτό αποτελούν κομμάτι των κόμβων άρδευσης και ύδρευσης. Η άντληση υπόγειου νερού μπορεί να γίνει μόνο από κόμβους που βρίσκονται πάνω σε ποτάμιο δίκτυο και πολλοί χρήστες μπορούν να αντλούν νερό από τον ίδιο κόμβο.

Υψηλά ποσοστά άντλησης μπορούν να οδηγήσουν σε περιορισμό τόσο της στάθμης του υπόγειου ορίζοντα όσο και μείωση της επανατροφοδότησης του ποταμού από υπόγεια νερά. Γι' αυτό το λόγο λοιπόν το πρόγραμμα βάζει τις αντλήσεις κάτω από περιορισμούς, προκειμένου οι αντλήσεις να κινούνται μέσα στα πλαίσια των δυνατοτήτων του υπόγειου ορίζοντα. Έτσι πολλές φορές είναι πιθανό η ποσότητα νερού που απαιτούν οι χρήστες να μην είναι πάντοτε διαθέσιμη.

3.6: ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ

3.6.1: Εισαγωγή

Το MIKE BASIN μπορεί να προσομοιώσει μόνο τη μεταφορά και την μεταβολή των βασικότερων παραμέτρων που επηρεάζουν την ποιότητα του νερού στα ποτάμια και τους ταμειυτήρες. Η προέλευση της ρύπανσης μπορεί να είναι είτε σημειακή είτε μη σημειακή. Συνήθως σημειακές πηγές μόλυνσης αποτελούν τα σημεία διαχείρισης του νερού, όπως οι βιολογικοί καθαρισμοί για τους οποίους μπορεί ο χρήστης να προσθέσει τα χαρακτηριστικά τους ή να τα επιλέξει από λίστα που διατίθεται. Η μη σημειακή ρύπανση συμπεριλαμβάνει τα συνολικά νιτρικά και τον φώσφορο.

Οι παράμετροι που εισέρχονται στο μοντέλο είναι οι παρακάτω:

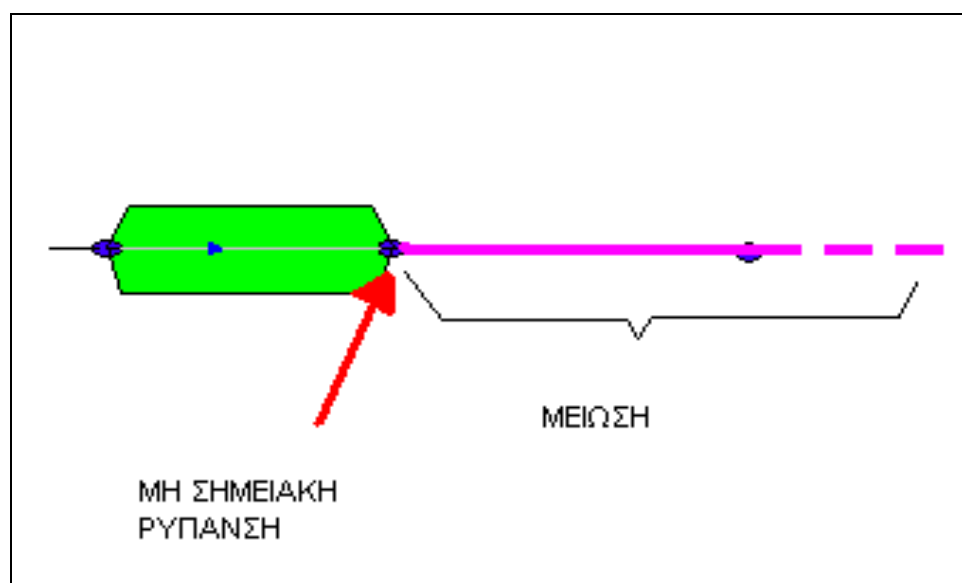
<i>BOD₅</i> :	Συνολικό οργανικό φορτίο εκφρασμένο σε βιολογική ζήτηση σε οξυγόνο τις πρώτες πέντε μέρες (mg O ₂ / L)
<i>NH₃</i> :	Συγκέντρωση της αμμωνίας (mg NH ₃ -N/ L)
<i>NO₃</i> :	Συγκέντρωση νιτρικών (mg NO ₃ -N/ L)
<i>DO</i> :	Συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου (mg O ₂ / L)
<i>COD</i> :	Χημική απαίτηση σε οξυγόνο (mg/ L)
<i>P tot</i> :	Συνολικός φώσφορος, συμπεριλαμβανόμενου του φωσφορικού άλατος που υπάρχει διαλυμένο στο νερό (mg/ L)
<i>E. Coli</i> :	Αριθμός κωλοβακτηριδίων (bacteria/ 100ml)
<i>User</i> :	Επιπλέον παράμετρος που μπορεί προαιρετικά να προσδιοριστεί από τον χρήστη (mg/ L)

3.6.2. Πηγές ρύπανσης

Σημειακές πηγές: Οι σημειακές πηγές ρύπανσης είναι συνδεδεμένες με τους χρήστες νερού για τους οποίους υπάρχουν όρια συγκέντρωσης κάθε παραμέτρου. Με τη

βοήθεια του προγράμματος μπορούμε να προσδιορίσουμε τις συγκεντρώσεις των ουσιών που επανέρχονται στο σύστημα μας από τον χρήστη του νερού.

Μη σημειακές πηγές: Αυτές είναι άμεσα συνδεδεμένες με τις λεκάνες απορροής καθώς και με τη ρύπανση λόγω αγροτικής χρήσης που θεωρείται μη σημειακή. Η μοντελοποίηση λοιπόν των μη σημειακών πηγών γίνεται θεωρώντας πως όλη τη ρύπανση μιας λεκάνης τη δέχεται ο αντίστοιχος κόμβος απορροής. Αυτός είναι άλλωστε και ο λόγος για τον οποίο οι τιμές που παίρνουμε από τη προσομοίωση είναι σχετικά υπερεκτιμημένες αφού δεν υπολογίζεται ο παράγοντας της ταπείνωσης της συγκέντρωσης των ρυπογόνων ουσιών μέσα στην ίδια τη λεκάνη.



Σχήμα 3.5: Μοντέλου λειτουργίας ποιότητας νερού

3.7: ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Το MIKE BASIN αποτελεί μοντέλο προσομοίωσης και για τη βελτιστοποίηση χρησιμοποιεί το Microsoft Excel. Θετικό του προγράμματος αποτελεί το γεγονός πως δεν χρειάζεται κανείς να μάθει νέους κανόνες λειτουργίας αφού υπάρχει σύνδεση με το Microsoft Excel, και πιο συγκεκριμένα με τα Visual Basic Macros και το εργαλείο βελτιστοποίησης του Excel, τον Solver.

Το σπουδαίο πλεονέκτημα του MIKE BASIN είναι η γενικότητα της βελτιστοποίησης που κάνει. Δηλαδή βελτιστοποιεί, κάτι που τα περισσότερα μοντέλα διαχείρισης δεν κάνουν, οποιαδήποτε αντικειμενική συνάρτηση και κάτω από

οποιοδήποτε περιορισμό, γραμμικό ή όχι. Ακόμα, η βελτιστοποίηση του δεν ασχολείται μόνο με τη ροή του νερού αλλά και με την ποιότητα του.

3.8: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα δεδομένα τα οποία απαιτούνται στους περισσότερους υπολογισμούς του MIKE BASIN τοποθετούνται στο πρόγραμμα με τη μορφή χρονοσειρών. Οι χρονοσειρές που τοποθετούνται μπορούν να βρεθούν είτε έτοιμες σε αρχείο excel και να μουν αυτούσιες είτε να δημιουργηθούν επί τόπου με το εργαλείο που προσφέρει το MIKE BASIN, το TSEditor. Αυτό το TSEditor δεν είναι τίποτα παραπάνω από ένα απλό εργαλείο του MIKE BASIN, το οποίο αποτελεί το μέσο με το οποίο εισέρχονται τα δεδομένα στο πρόγραμμα. Στη συγκεκριμένη εργασία, η επιλογή μας ήταν input να εισάγουμε γνωστές χρονοσειρές σε αρχείο Excel τις οποίες αντιγράφουμε στο TSEditor. Επιπλέον υπάρχει και η επιλογή της μορφοποίησης μιας ήδη υπάρχουσας χρονοσειράς αν κάποια από τα δεδομένα έχουν αλλάξει. Το είδος των δεδομένων που εισέρχονται στις χρονοσειρές ποικίλλουν ανάλογα με την περίπτωση και μπορούν να είναι ζήτηση σε νερό, ποσό επιθυμούμενης παραγωγής ενέργειας, βροχόπτωση, εξατμισοδιαπνοή κλπ

Το μεγάλο πλεονέκτημα που μας δίνει το συγκεκριμένο πρόγραμμα είναι πως μπορεί να λειτουργήσει με οποιοδήποτε χρονικό βήμα, ακόμα και μεταβαλλόμενο. Επίσης μπορεί να λειτουργήσει και με χρονοσειρές οι οποίες έχουν ελλιπή στοιχεία. Με τη λειτουργία “data-cycling” που διαθέτει τοποθετεί στα σημεία που λείπουν τα στοιχεία, την πιο κοντινή χρονικά ανάλογη τιμή. Η λειτουργία αυτή αν και πρακτική κινείται στα πλαίσια της υπεραπλούστευσης και δεν αποτελεί αρκετά αξιόπιστη μέθοδο. Τα δεδομένα που εμείς καλούμαστε να τοποθετήσουμε περιγράφονται στην επόμενη ενότητα.

3.9: ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

1. Κόμβος Αρδευσης:

- Είδος κόμβου. Οι κόμβοι άρδευσης όπως και οι κόμβοι ύδρευσης και γενικότερα των χρηστών νερού μπορεί να είναι τριών ειδών. Συνδυασμένοι που αποσπούν και στη συνέχεια επαναφέρουν ποσοστό του νερού στο σύστημα, κόμβοι αποκλειστικά απόσπασης νερού χωρίς καμιά επαναφορά και κόμβοι προσφοράς που προσφέρουν νερό στο σύστημα.
- Όνομα και αριθμός κόμβου
- Προτεραιότητα ανάντη κόμβου σύνδεσης
- Προτεραιότητα κόμβων από τους οποίους εισέρχονται υπόγεια νερά.
- Κόμβος κατάντη
- Χρονοσειρές ζήτησης νερού (υδατικές απαιτήσεις σε m^3/s , ποσοστό του νερού άρδευσης που προέρχεται από γεωτρήσεις, κλάσμα νερού που γυρνάει στο σύστημα, συντελεστής χρονικής υστέρησης)
- Αγροτικές πληροφορίες: Βροχόπτωση σε mm/day , καμπύλες ζήτησης της κάθε καλλιέργειας σε in/day , συντελεστής επίδρασης της βροχής ($0 < c < 1$), έκταση κάθε καλλιέργειας σε ac , ζήτηση νερού για κάθε ζώο σε $gal/day/head$ και αριθμός ζώων.

2. Κόμβοι ύδρευσης

Οι κόμβοι ύδρευσης έχουν πολλά κοινά με τους κόμβους άρδευσης μιας και οι δύο αποτελούν κόμβους χρηστών νερού. Η μόνη ουσιαστική διαφορά είναι πως σε αυτούς τους κόμβους το νερό επανέρχεται στο υδατικό σύστημα άμεσα (αν βέβαια θεωρήσουμε πως το νερό που χρησιμοποιείται για την ύδρευση επανέρχεται στο υδατικό μας σύστημα). Τα δεδομένα λοιπόν που χρειαζόμαστε είναι τα ίδια με αυτά της άρδευσης.

3. Κόμβοι παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας

- Όνομα και αριθμός κόμβου
- Προτεραιότητα ανάντη σύνδεσης
- Κατάντη σύνδεση όπου επαναφέρεται το νερό στο σύστημα
- Ο τύπος που χρησιμοποιεί το MIKE BASIN για να υπολογίσει την παραγόμενη ενέργεια είναι: $E = (Z-Z_0)*Q*\epsilon*g*\rho$, όπου
 E: Ενέργεια
 Z: στάθμη λίμνης
 Z₀: στάθμη εξόδου του νερού από την τουρμπίνα
 Q: ροή μέσα από τις τουρμπίνες
 ε: απόδοση τουρμπινών
 ρ: πυκνότητα του νερού
 g: επιτάχυνση βαρύτητας
- Η ζήτηση νερού υπολογίζεται με τον εξής τρόπο:
 $D = (\Delta t * W) / [(Z-Z_0)*\epsilon*g*\rho]$, όπου
 D: ζήτηση σε ενέργεια
 Δt: χρονικό βήμα
 W: επιθυμητή ενέργεια

Άρα τα δεδομένα που απαιτούνται είναι η επιθυμητή παραγόμενη ενέργεια σε MW, το ύψος εξόδου του νερού σε m και ο βαθμός απόδοσης των τουρμπινών.

4. Κόμβοι πάνω στο ποτάμιο σύστημα (κόμβοι απορροής)

- Όνομα και αριθμός λεκάνης

- Έκταση λεκάνης σε km^2
- Χρονοσειρές απορροής σε L/s/km^2
- Χρονοσειρά επαναφόρτισης του υδροφόρου ορίζοντα σε L/s/km^2
- Προτεραιότητα ανάντη και κατάντη χρηστών
- Αρχική και τελική στάθμη υδροφόρου ορίζοντα

5. Κόμβοι ταμιευτήρων

- Τύπος, όνομα και αριθμός ταμιευτήρα.
- Αρχική στάθμη νερού σε m
- Προτεραιότητα ανάντη σύνδεσης. Συνήθως κατά τη σχηματοποίηση του δικτύου το πρόγραμμα αναγνωρίζει από μόνο του τον ανάντη κόμβο απορροής από τον οποίο δέχεται τις εισροές. Ωστόσο κάποιες φορές μπορεί να κριθεί απαραίτητο να προσδιοριστεί αυτή η σύνδεση με το χέρι.
- Προτεραιότητα κατάντη χρηστών. Σε αυτό το σημείο θεωρείται αυτόματα πως πρώτη προτεραιότητα των κατάντη χρηστών είναι ο κόμβος πάνω στον ποταμό. Αυτή η επιλογή είναι κρυμμένη από το χρήστη του προγράμματος και δεν μπορεί να απενεργοποιηθεί. Αν ωστόσο δεν μας ενδιαφέρει το νερό το οποίο συνεχίζει στην κοίτη του ποταμού θέτουμε την απορροή του ταμιευτήρα προς το ποτάμι ίση με το μηδέν.
- Συντελεστής μείωσης για τους χρήστες. Αυτός ο συντελεστής αποτελεί έναν κανόνα λειτουργίας για τον ταμιευτήρα μέσω του οποίου

διασφαλίζεται μια πιο ομαλή διαβάθμιση της στάθμης του. Σύμφωνα λοιπόν με την παραπάνω λογική, όταν η στάθμη της λίμνης φτάσει ένα συγκεκριμένο επίπεδο το οποίο ορίζεται από τον χρήστη του προγράμματος, η ζήτηση δεν ικανοποιείται πλήρως αλλά σε ένα ποσοστό. Έτσι ανάλογα με τη σημαντικότητα του κατάντη χρήστη διαφοροποιούνται και οι συντελεστές μείωσης. Στην περίπτωση που δεν μας απασχολεί η ομαλή διαβάθμιση της στάθμης, αυτοί οι συντελεστές μπορούν να τοποθετηθούν ίσοι με το μηδέν και να μην παίζουν πλέον κανένα ρόλο.

- Συντελεστής απωλειών για τους χρήστες. Αυτός ο συντελεστής εκφράζει τις απώλειες νερού κατά τη διαδρομή του νερού από τον ταμιευτήρα ως το χρήστη. Στην ουσία δηλαδή είναι οι απώλειες του νερού στα κανάλια μέσω των οποίων διαβιβάζεται το νερό στους χρήστες. Η τιμή του μπορεί να κυμανθεί μεταξύ μηδέν και ένα. Μηδέν είναι στην ιδανική και μη πραγματοποιήσιμη κατάσταση που δεν υπάρχουν απώλειες στα κανάλια.
- Κανόνες λειτουργίας ταμιευτήρα
 1. μέγιστο ύψος ταμιευτήρα σε m
 2. ελάχιστο ύψος λειτουργίας
 3. ύψος υπερχειλιστή
 4. ανώτατη στάθμη νεκρού όγκου
 5. κατώτατη στάθμη νεκρού όγκου
 6. ελάχιστη αποροή κατάντη του φράγματος σε m^3/sec
 7. μέγιστη απορροή κατάντη του φράγματος σε m^3/sec
 8. ποσοστό απωλειών νερού κατω από το φράγμα
 9. στάθμη λίμνης για κάθε κατάντη κόμβο κάτω από την οποία αρχίζουν να λειτουργούν οι συντελεστές μείωσης
- Συνάρτηση στάθμης νερού (m), εμβαδού λίμνης (km^2) και όγκου ταμιευτήρα ($10^6 m^3$)

- Βροχόπτωση σε mm/day
- Δυνητική εξατμισοδιαπνοή σε mm/day

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ: Ο ΝΟΜΟΣ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ

4.1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο νομός Καρδίτσας βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα του γεωγραφικού διαμερισμάτος της Θεσσαλίας. Ο νομός ανήκει σε δύο υδατικά διαμερίσματα της Δυτικής Στερεάς και της Θεσσαλίας. Το δυτικό τμήμα του νομού, που ανήκει στη λεκάνη απορροής του Αχελώου, είναι αρκετά ορεινό, με λίγες αρδευτικές εκτάσεις και ιδιαίτερα σημαντικό υδατικό πλούτο. Στο τμήμα αυτό του νομού βρίσκεται και η τεχνητή λίμνη Πλαστήρα. Το ανατολικό τμήμα του νομού που ανήκει στη λεκάνη απορροής του Πηνειού, αποτελεί κομμάτι του Θεσσαλικού κάμπου και έχει σημαντικότερες αρδευτικές εκτάσεις. Στο νοτιοανατολικό κομμάτι του νομού βρίσκεται η τεχνητή λίμνη του Σμοκόβου που τέθηκε πρόσφατα σε λειτουργία και που στην παρούσα εργασία θα θεωρηθεί ότι λειτουργεί κανονικά.

4.2. ΚΛΙΜΑ

Σύμφωνα με κλιματολογικά δεδομένα του σταθμού Καρδίτσας (ΕΜΥ), η μέση ετήσια θερμοκρασία της περιοχής είναι 15°C και το ημερήσιο θερμοκρασιακό εύρος ξεπερνά τους 22° C. Οι πιο θερμοί μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος ενώ οι πιο ψυχροί ο Δεκέμβριος και ο Ιανουάριος. Η μέση ετήσια σχετική υγρασία εκτιμάται σε 65% και η μέση ετήσια βροχόπτωση σε 540 mm [Κουτσογιάννης κ.α, 2001]. Οι πιο βροχεροί μήνες είναι ο Νοέμβριος και ο Δεκέμβριος, ενώ οι πιο ξηροί είναι ο Ιούνιος και ο Ιούλιος. Συνηθισμένες είναι οι χιονοπτώσεις, ιδιαίτερα στο ορεινό δυτικό τμήμα του νομού. Οι περισσότερες από αυτές παρατηρούνται κατά τους μήνες του Ιανουαρίου και του Φεβρουαρίου. Ενδεικτικά αναφέρουμε πως ο μέσος ετήσιος αριθμός ημερών χιονιού είναι 3. Τέλος από το Φεβρουάριο ως τον Απρίλιο είναι συχνές και οι χαλαζοπτώσεις. Χαρακτηριστικό επίσης της περιοχής είναι η συχνή εμφάνιση παγετών, συνήθως κατά την περίοδο Νοέμβριου-Απριλίου. Σε μέση ετήσια βάση οι ημέρες παγετού κυμαίνονται γύρω στις 34.

4.3. ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

4.3.1. Επιφανειακοί Υδατικοί Πόροι

Στην περιοχή υπάρχουν οι παραπόταμοι του Πηνειού και του Αχελώου και οι τεχνητές λίμνες του Πλαστήρα και του Σμοκόβου. Οι κύριοι παραπόταμοι του Πηνειού είναι ο Ενιππέας, ο Φαρσαλιώτης, ο Σοφαδίτικος και Καλέτζης. Οι παραπόταμοι αυτοί συμβάλουν με τον Πηνειό στην περιοχή του χωριού Κεραμίδι. Οι πηγές τους βρίσκονται στο νότιο ορεινό τμήμα του νόμου και μάλιστα κοντά στις πηγές του Σοφαδίτικου λειτουργεί το πρόσφατα κατασκευασμένο φράγμα του Σμοκόβου. Στον παραπόταμο του Αχελώου, Μέγδοβα βρίσκεται το φράγμα Πλαστήρα από το οποίο εκτρέπονται ποσότητες νερού από το υδατικό σύστημα του Αχελώου προς τη Θεσσαλία. Το βόρειο τμήμα του νομού διατρέχεται από τον Πάμισο και τον Πηνειό και έχουν προταθεί δύο θέσεις φραγμάτων στην περιοχή αυτή [Κουτσογιάννης κ.α., 2001]. Οι θέσεις αυτές είναι οι: (α) Παλαιοδερλί, στην υπολεκάνη Ενιππέα, με έκταση ανάντη λεκάνης 427,6 km², και (β) Μουζάκι στην υπολεκάνη Παμίσου (Πληούρη), με έκταση ανάντη λεκάνης 146,8 km².

4.3.2. Υπόγεια Νερά

Στην περιοχή του νομού αναπτύσσονται οι παρακάτω υδροφορείς [Μαρίνος, 1995]:

1. Οι κώνοι Πορταϊκού- Παμίσου – Πηνειού, στο βορειοδυτικό τμήμα του νομού με υψηλού δυναμικού φρεάτιο υδροφορέα, που τροφοδοτείται από τις διηθήσεις των τριών αυτών ποταμών αλλά και από την κατείσδυση της βροχής, ενώ μέρος των διηθήσεων επανέρχεται στην επιφάνεια μέσω μεγάλων αλλουβιακών πηγών.
2. Ο κώνος του Σοφαδίτη, στον ομώνυμο ποταμό, με υψηλού δυναμικού φρεάτιο υδροφορέα, που μεταπίπτει σε υπό πίεση και τροφοδοτείται από τις διηθήσεις του ποταμού.
3. Το υπόλοιπο της πεδιάδας, με πολλούς επάλληλους υπό πίεση υδροφορείς που τροφοδοτούνται κυρίως από τους κώνους των παραποτάμων του Πηνειού, με βραδύτατο όμως ρυθμό, γεγονός που δυσχαιρένει την επαναπλήρωση των ποσοτήτων που αντλούνται.

4.3.3. Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Σε ότι αφορά στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των επιφανειακών νερών υπάρχουν πληροφορίες μόνο για τα ποτάμια και τη λίμνη Πλαστήρα αφού το φράγμα του Σμοκόβου τέθηκε σε λειτουργία μόλις το 2002. Με βάση τα στοιχεία τα νερά των ποταμών είναι γενικώς κατάλληλα για τις χρήσεις για τις οποίες λαμβάνονται π.χ. Α2 (δείκτης ποιότητας νερού που απαιτεί πρωτοβάθμια επεξεργασία για πόσιμο νερό). Ωστόσο σε ορισμένες περιπτώσεις κατά τη θερινή περίοδο παρατηρούνται τιμές νιτρικού αζώτου πάνω από τα επιτρεπόμενα όρια. Αυτό οφείλεται στην αποστράγγιση των εκτεταμένων καλλιεργούμενων εκτάσεων της περιοχής. Ακόμη, τα ποτάμια της περιοχής αποτελούν αποδέκτες των αστικών λυμάτων της πόλης της Καρδίτσας. Παρά το γεγονός αυτό, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τη ρύπανση από λύματα (αμμωνιακό άζωτο, κολοβακτηριδία) είναι ικανοποιητικά. Αυτό οφείλεται πιθανότατα στην επιτυχημένη λειτουργία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων που λειτουργεί στη Καρδίτσα.

Όσον αφορά στη λίμνη Πλαστήρα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ως προς τις συγκεντρώσεις αζώτου, εμφανίζονται αρκετά ικανοποιητικά [Κουτσογιάνης κ.α., 2002]. Οι μόνες συγκεντρώσεις που εμφανίζονται σχετικά αυξημένες είναι αυτές του φωσφόρου που κατατάσσουν τη λίμνη στις μέσο- ευτροφικές.

4.4. ΥΔΑΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

4.4.1. ΑΡΔΕΥΣΗ

Ο νομός Καρδίτσας διαθέτει περίπου 700000 στρέμματα αρδεύσιμης γεωργικής γης τα οποία όπως συμβαίνει και για το σύνολο της Θεσσαλικής πεδιάδας βρίσκονται υπό καθεστώς έλλειψης νερού [Κουκουβίνος κ.α., 1999]. Έτσι όχι μόνο δεν είναι δυνατή η επέκταση των αρδεύσεων αλλά και δεν ικανοποιούνται οι πραγματικές ανάγκες των ήδη αρδευόμενων εκτάσεων.

Το τμήμα του νομού Καρδίτσας που μελετάται στην παρούσα εργασία, αν και είναι πλουσιότερο σε υδατικούς πόρους από την υπόλοιπη Θεσσαλική πεδιάδα αντιμετωπίζει και αυτό πρόβλημα έλλειψης αρδευόμενου νερού. Ο κώνος Πηνειού-Πορταϊκού έχει τη δυνατότητα ικανοποίησης των υδατικών αναγκών της κοντινής

περιοχής, η υπόλοιπη έκταση όμως έχει πολύ μικρές δυνατότητες ανάπτυξης λόγω εξάντλησης των επιφανειακών αλλά και λόγω φτωχού υδροφόρου ορίζοντα.

Ένα ακόμα χαρακτηριστικό της περιοχής είναι πως τα φαινόμενα υπεράντλησης είναι πολλά και συγκεκριμένα. Οι αρχικές παροχές γεωτρήσεων από 150 m³/s έχουν μειωθεί κατά 50% στις ζώνες πλούσιας υδροφορίας (δηλαδή αυτές του κώνου Πορταϊκού- Πηνειού και κατάντη της θέσεως του φράγματος του Σμοκόβου), ενώ στις υπόλοιπες έχουν πέσει κάτω των 40 m³/s. Από τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα πως οι περιοχές του νομού Καρδίτσας είναι αδύνατον να αρδευτεί από τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους της περιοχής. Από ότι θα δούμε παρακάτω ακόμα και με την προσθήκη του φράγματος του Σμοκόβου η λύση που δίνεται δεν είναι οριστική.

Οι γεωργικές εκτάσεις του νομού Καρδίτσας παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα σε km²:

Συνολική έκταση	Γεωργική γη	Έκταση καλλιεργειών	Αγρανάπταυση	Αρδευόμενη έκταση καλλιεργειών
1251,5	934,7	925,3	9,5	685,7

Πρέπει να ληφθεί υπόψη πως από τις παραπάνω καλλιέργειες ένα ποσοστό της τάξης του 75% αποτελείται από σιτηρά και βαμβάκι. Ωστόσο τα σιτηρά δεν περιλαμβάνονται στους υπολογισμούς για το απαιτούμενο αρδευτικό νερό γιατί οι καλλιέργειες αυτές δεν αρδεύονται.

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της περιοχής αποτελεί το γεγονός πως η κτηνοτροφία δεν παρουσιάζει καμιά σύνδεση με τη φυτική παραγωγή. Η χαμηλή απόδοση της φυτικής παραγωγής και η χαμηλή συμβολή της κτηνοτροφίας σε αυτήν, οφείλεται στην έλλειψη υδατικών πόρων για άρδευση. Οι αρδευόμενες εκτάσεις, αρδεύονται ανεπαρκώς με μια μέση ετήσια κατανάλωση νερού της τάξεως των 310 m³/στρέμμα (περίπου η μισή ποσότητα από την θεωρητικά απαιτούμενη). Η 'ανεπαρκής άρδευση' σημαίνει κυρίως τη διακοπή των αρδεύσεων κατά την καλοκαιρινή περίοδο, φαινόμενο που οδηγεί σε κατακόρυφη πτώση της απόδοσης συγκεκριμένων καλλιεργειών (με απαιτήσεις σε νερό) όπως είναι το βαμβάκι ή το καλαμπόκι. Άρα λοιπόν κρίνεται ακόμα επιτακτικότερη η ανάγκη της εξασφάλισης

επιπρόσθετων ποσοτήτων αρδευτικού νερού αλλά ταυτόχρονα και μια ορθή διαχείριση των προς διάθεση υδατικών πόρων [Κουτσογιάννης κ.α.,2001]

Οι αρδευόμενες εκτάσεις της περιοχής μπορούν να διαχωριστούν βάση την προέλευση του αρδευτικού νερού. Συγκεκριμένα:

- Στο βορειοδυτικό κομμάτι του νομού, στην ευρύτερη περιοχή του δήμου Μουζακίου και Παλαμά υπάρχουν αγροτικές εκτάσεις οι οποίες αρδεύονται κατά κύριο λόγο από τον πλούσιο υδροφορέα της περιοχής αλλά και από επιφανειακά νερά των γειτονικών ποταμών (Πηγειού- Πορταϊκού). Η περιοχή αυτή έχει έκταση περίπου 180 km² και έχει τη δυνατότητα να ικανοποιεί τις ανάγκες της για άρδευση από τους τοπικούς υδατικούς πόρους.
- Στο κεντρικό τμήμα του νομού υπάρχουν οι πεδινές εκτάσεις στην ευρύτερη περιοχή του Κάμπου και της Καρδίτσας. Οι περιοχές αυτές καταλαμβάνουν μια έκταση της τάξης των 170 km² και αρδεύονται από τον ταμειυτήρα Ταυρωπού (Πλαστήρα). Μάλιστα ο υπόγειος υδροφορέας της περιοχής είναι από τους πλέον φτωχούς του νομού και χωρίς δυνατότητες επανεμπλουτισμού, με αποτέλεσμα οι γεωτρήσεις που λειτουργούσαν στην περιοχή να έχουν πλέον μειωθεί στο ελάχιστο. Έτσι το αρδευτικό νερό προέρχεται σχεδόν εξ ολοκλήρου από τον ταμειυτήρα του Πλαστήρα.

4.4.2. ΥΔΡΕΥΣΗ

Στην περιοχή λειτουργεί ο οργανισμός ύδρευσης Καρδίτσας- Σοφάδων που εξυπηρετεί τους δύο δήμους καθώς και μερικές κοινότητες. Το απαιτούμενο νερό για ύδρευση προέρχεται εξ ολοκλήρου από το φράγμα Ταυρωπού (Πλαστήρα).

4.5. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ

4.5.1. Ταμιευτήρας Πλαστήρα

Μέχρι πριν από δύο χρόνια ο μοναδικός ταμιευτήρας της περιοχής ήταν ο ταμιευτήρας Ταυρωπού- Πλαστήρα. Κατασκευασμένος στα τέλη της δεκαετίας του 1950 ξεκίνησε ως ταμιευτήρας παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο με την ανάπτυξη του Θεσσαλικού κάμπου από τα μέσα της δεκαετίας του 1970 η χρήση του ταμιευτήρα άλλαξε σταδιακά με αποτέλεσμα σήμερα να είναι στην ουσία ένας αρδευτικός ταμιευτήρας με παραγωγή μόνο δευτερεύουσας ηλεκτρικής ενέργειας. Το φράγμα βρίσκεται στον ποταμό Ταυρωπό, παραπόταμο του Αχελώου στο δυτικό τμήμα του νομού Καρδίτσας. Η λεκάνη απορροής ανάντη της θέσης φράγματος είναι 165 km². Η στάθμη υδροληψίας του ταμιευτήρα βρίσκεται σε απόλυτο υψόμετρο 776 m, ενώ η στάθμη υπερχειλίστας βρίσκεται στα 792 m. Σε αυτή τη στάθμη ο συνολικός του είναι 400x10⁶ m³ ενώ η επιφάνεια είναι 25,2 km². Ο υπερχειλιστής του φράγματος είναι απλός χωρίς θυρόφραγμα με παροχή 460 m³/s. Οι μέσες ετήσιες εισροές εκτιμώνται σε 157,7*10⁶ m³ ενώ οι μέσες ετήσιες εκροές εκτιμώνται σε 145*10⁶ m³ με ένα ποσοστό της τάξης του 90% να πηγαίνει για την άρδευση. Η αρδευτική έκταση που αρδεύει βρίσκεται στο νοτιοδυτικό και κεντρικό τμήμα του νομού και αποτελείται από τις περιοχές της Καρδίτσας και του Κάμπου και κάποιες μικρές εκτάσεις του Παμίσου

Ο υδροηλεκτρικός σταθμός του φράγματος τέθηκε σε λειτουργία το 1960 και αρχικά θεωρήθηκε ως ένα υδροηλεκτρικό με πολύ μεγάλες δυνατότητες παραγωγής ενέργειας λόγω του πολύ σημαντικού ύψους πτώσης. Αποτελείται από τρεις υπαίθριες μονάδες Pelton συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 129.9 MW και μέγιστο ύψος πτώσης του νερού είναι 577 μέτρα. Η προσαγωγή από τον ταμιευτήρα γίνεται μέσω σήραγγας μήκους 2625 m και διαμέτρου 3.50 m. Αρχικά, και πριν ο ταμιευτήρας μετατραπεί σε αρδευτικό η παραγόμενη ενέργεια ήταν μόνο πρωτεύουσα της τάξης των 250 GWh. Σήμερα βέβαια που ο ταμιευτήρας έχει μετατραπεί στην ουσία σε αρδευτικό η ενέργεια που παράγεται είναι μόνο δευτερεύουσα αλλά παρόλα αυτά αποτελεί ένα σαφώς υπολογίσιμο μέγεθος για το ισοζύγιο του ταμιευτήρα.

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη λειτουργίας του ταμιευτήρα Πλαστήρα συνοψίζονται στον πίνακα 4.1. [Κουτσογιάννης κ.α., 2002]

Πίνακας 4.1: Χαρακτηριστικά μεγέθη λειτουργίας ταμιευτήρα Πλαστήρα.

Στάθμη υδροληψίας (m)	776.0
Στάθμη υπερχειλίσης (m)	792.0
Ανώτατη στάθμη (m)	794.0
Νεκρός όγκος (hm ³)	75.5
Μικτή χωρητικότητα (hm ³)	361.8
Ωφέλιμη χωρητικότητα (hm ³)	286.3
Παροχευτικότητα σήραγγας προσαγωγής (hm ³ /μήνα)	54.6
Εγκατεστημένη ισχύς (MW)	129.9
Συντελεστής αναλογίας ενέργειας/ εκροών (KWh/m ³)	1.302
Εκταση υπολεκάνης απορροής (km ²)	161.3

4.5.2. Ταμιευτήρας Σμοκόβου

Ο δεύτερος ταμιευτήρας της περιοχής μελέτης είναι ο ταμιευτήρας του Σμοκόβου ο οποίος είναι μπήκε σε λειτουργία μόλις το τρέχον έτος. Το φράγμα είναι κατασκευασμένο στον ποταμό Σοφαδίτη κατάντη της συμβολής των ρεμάτων του Ονόχωνου και του Ρεντινιώτη, στο νότιο τμήμα του νομού Καρδίτσας. Ο ταμιευτήρας αυτός είναι αποκλειστικά αρδευτικός και η λεκάνη απορροής του είναι 382 km². Το φράγμα είναι λιθόρριπτο με ύψος στέψης 382 m. Η λίμνη η οποία δημιουργήθηκε έχει ανώτατη στάθμη λειτουργίας τα 375 m και κατώτατη τα 308 m. Ο συνολικός της όγκος προσεγγίζει τα 237*10⁶ m³ ενώ ο ωφέλιμος είναι περίπου 23*10⁶ m³. Ο υπερχειλιστής του φράγματος είναι ανοιχτού τύπου με παροχή 2600 m³/s. Οι μέσες ετήσιες εισροές εκτιμώνται σε 165,2*10⁶ m³ ενώ οι μέσες ετήσιες εκροές σε 144*10⁶ m³.

Ο ταμιευτήρας του Σμοκόβου κατασκευάστηκε για να αρδεύει τις αγροτικές περιοχές ανατολικά του ποταμού Σοφαδίτη (στα νότια και νοτιοανατολικά του νομού Καρδίτσας) που έχουν εμβαδόν περίπου 260 km². Ωστόσο λόγω της έλλειψης νερού μελετάται κατά πόσο είναι δυνατόν να αρδευτούν από τον ταμιευτήρα ακόμα 50 km² καλλιεργειών που βρίσκονται στα δυτικά του Σοφαδίτη. Όλα τα παραπάνω στοιχεία ελήφθησαν από τη μελέτη των Κουτσογιάννη κ.α., 2001.

4.6. ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

Το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι η κάλυψη της αρδευτικής ζήτησης κατά τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο, όπου οι ανάγκες των καλλιεργειών είναι υψηλές και οι διατιθέμενες ποσότητες νερού μειωμένες. Ακόμη, οι απαιτούμενες ποσότητες νερού για άρδευση είναι κατά πολύ μεγαλύτερες σε σχέση με παλαιότερες δεκαετίες, κυρίως λόγω της μεταστροφής προς τις πιο προσοδοφόρες αλλά και εξαιρετικά απαιτητικές σε νερό καλλιέργειες (π.χ. βαμβάκι).

Κατά τους μήνες Μάιο ως Σεπτέμβριο, οι παροχές των ποταμών μειώνονται θεαματικά σε σχέση με τις χειμερινές. Ορισμένες ποσότητες ύδατος έχουν κατεισδύσει στον υπόγειο υδροφόρο ενώ το μεγαλύτερο μέρος έχει καταλήξει στη θάλασσα μέσω του Πηνειού. Τα λιγιστά εναπομείναντα νερά των παραποτάμων του Πηνειού αλλά και των αρδευτικών δικτύων, περιορίζονται από μικρά προσωρινά φράγματα στις κοίτες, που έχουν ως στόχο τη συγκέντρωση των υδάτων για την άρδευση των καλλιεργειών. Έτσι, ενώ υπάρχουν αξιόλογες ποσότητες υδάτων κατά τους χειμερινούς μήνες, δεν είναι δυνατόν να ταμειευτούν με αποτέλεσμα το καλοκαίρι που υπάρχουν μεγάλες ανάγκες σε νερό από τις καλλιέργειες, να μην υπάρχει κάλυψη της ζήτησης.

Διαφορετικής φύσης είναι το πρόβλημα της επάρκειας των υπογείων υδάτων αλλά με μεγάλη αλληλεπίδραση με το πρόβλημα των επιφανειακών υδάτων. Επειδή οι αρδευόμενες εκτάσεις της περιοχής είναι ιδιαίτερα εκτεταμένες, αυτό έχει ως αποτέλεσμα πολλές από αυτές τις περιοχές να βρίσκονται σε μεγάλες αποστάσεις από κλάδους ποταμών με καλοκαιρινή παροχή. Κατά συνέπεια οι γεωργοί των περιοχών αυτών στρέφονται στην άντληση υπογείων νερών από τον υδροφόρο ορίζοντα που σε πολλές όμως περιπτώσεις ξεπερνά τον ρυθμό ανανέωσης του υδροφόρου. Συνέπεια αυτής της κατάστασης είναι η συνεχής σταδιακή πτώση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα.

4.7. ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ

Μέχρι πρόσφατα δεν είχαν γίνει τα έργα και οι ενέργειες οι οποίες θα μπορούσαν να δώσουν μια οριστική λύση στα παραπάνω προβλήματα. Τα

περισσότερα έργα της περιοχής είναι αντιπλημμυρικά και οι μόνοι εν λειτουργία ταμιευτήρες είναι αυτοί του Σμοκόβου και του Ταυρωπού. Ακόμη, έχουν εκπονηθεί πολλές μελέτες για την ενίσχυση του υδατικού δυναμικού της περιοχής, οι περισσότερες από τις οποίες σχετίζονται με την εκτροπή του Αχελώου. Οι μελέτες που έχουν γίνει προτείνουν σαν λύση την κατασκευή ταμιευτήρων περιφεριακά του νομού Καρδίτσας (Μουζάκι, Πύλη), οι οποίοι σε συνδυασμό με τον Ταυρωπό θα συσχετίζονται με την εκτροπή του Αχελώου.

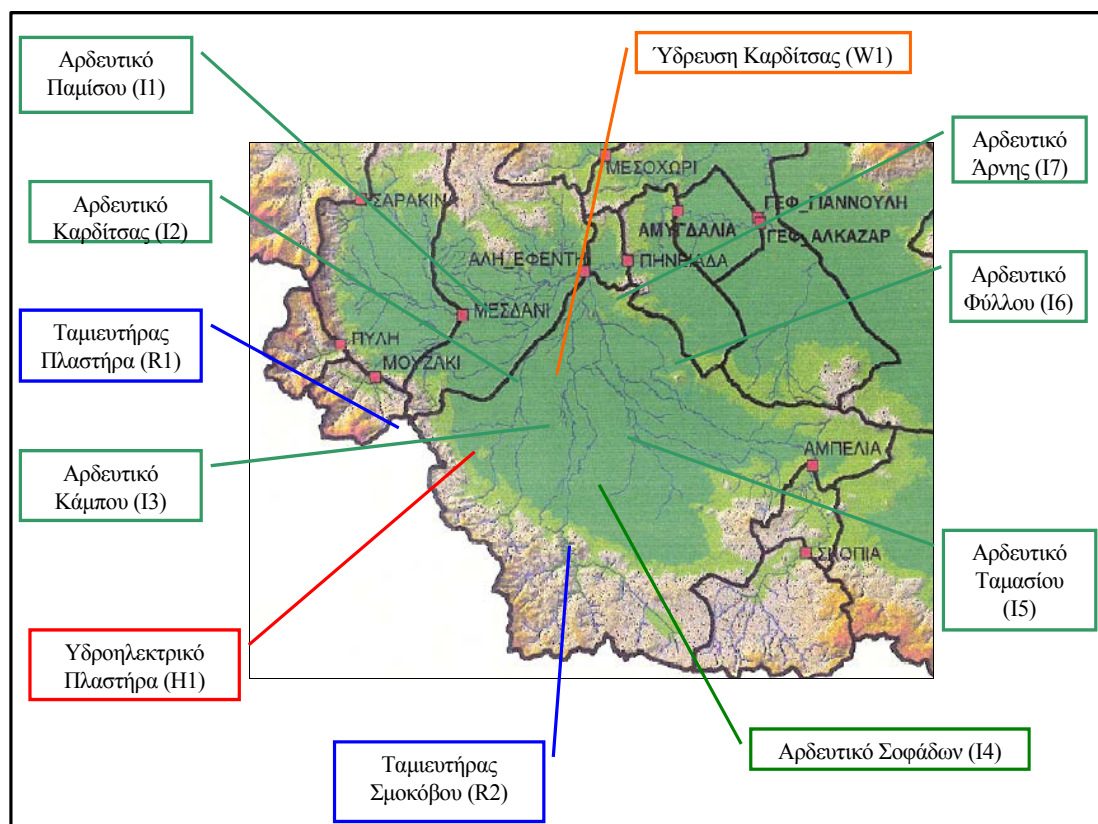
Η ιδέα της εκτροπής του Αχελώου για την άρδευση του Θεσσαλικού κάμπου πρωτοδιατυπώθηκε το 1925, έχοντας ως όραμα την εξασφάλιση της αυτάρκειας της χώρας σε γεωργικά προϊόντα. Οι πρώτες μελέτες (1968, 1972) εξέφρασαν αμφιβολίες σχετικά με τη σκοπιμότητα της εκτροπής για την επίλυση των προβλημάτων των υδατικών πόρων της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλίας. Το 1983 εξαγγέλθηκε το έργο της εκτροπής και προέβλεπε μεταφορά 1.5 δις. m³ με σκοπό την επέκταση των αρδευόμενων εκτάσεων και δευτερευόντως την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ύστερα από αρκετές αναθεωρήσεις του αρχικού σχεδίου, το 1989 το έργο εντάχθηκε στα ΜΟΠ ως ενεργειακό έργο αλλά δεν προχώρησε περαιτέρω. Μετά από έντονες πιέσεις οικολογικών οργανώσεων και εμπόδια στη χρηματοδότηση, αποφασίστηκε η μείωση του όγκου εκτροπής στα 600 εκατομμύρια m³ ετησίως. Η παροχή αυτή, η λεγόμενη και μικρή ή οικολογική εκτροπή, θα χρησιμοποιείται μόνο για την κάλυψη των υδατικών ελλειμμάτων της Θεσσαλίας, την επανατροφοδότηση του υδροφόρου ορίζοντα και την παραγωγή ενέργειας [Κουτσογιάννης κ.α., 1997].

Τέλος, τα αντιπλημμυρικά έργα της περιοχής είναι κατασκευασμένα αρκετά παλιά (κάποια ακόμα και πριν το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο) αλλά παρόλα αυτά λειτουργούν σε αρκετά ικανοποιητικό βαθμό. Τα περισσότερα από αυτά τα έργα κατά την καλοκαιρινή περίοδο λειτουργούν και σαν αρδευτικά και μάλιστα αρκετά ικανοποιητικά. Αυτό βέβαια ενέχει πάντοτε τον κίνδυνο μιας καλοκαιρινής πλημμύρας μετά από μια ακραία καλοκαιρινή καταιγίδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΦΑΡΜΟΓΗ

5.1: ΣΧΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΥΔΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Πριν γίνει η προσομοίωση του υδροσυστήματος, έπρεπε πρώτα αυτό να σχηματιστεί σε κατάλληλη μορφή, προκειμένου να εισαχθεί στο πρόγραμμα και να πραγματοποιηθεί η προσομοίωση. Το τελικό αποτέλεσμα της σχηματοποίησης φαίνεται στο σχήμα 5.1. Στις επόμενες παραγράφους αυτού του κεφαλαίου περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία προσομοίωσης.



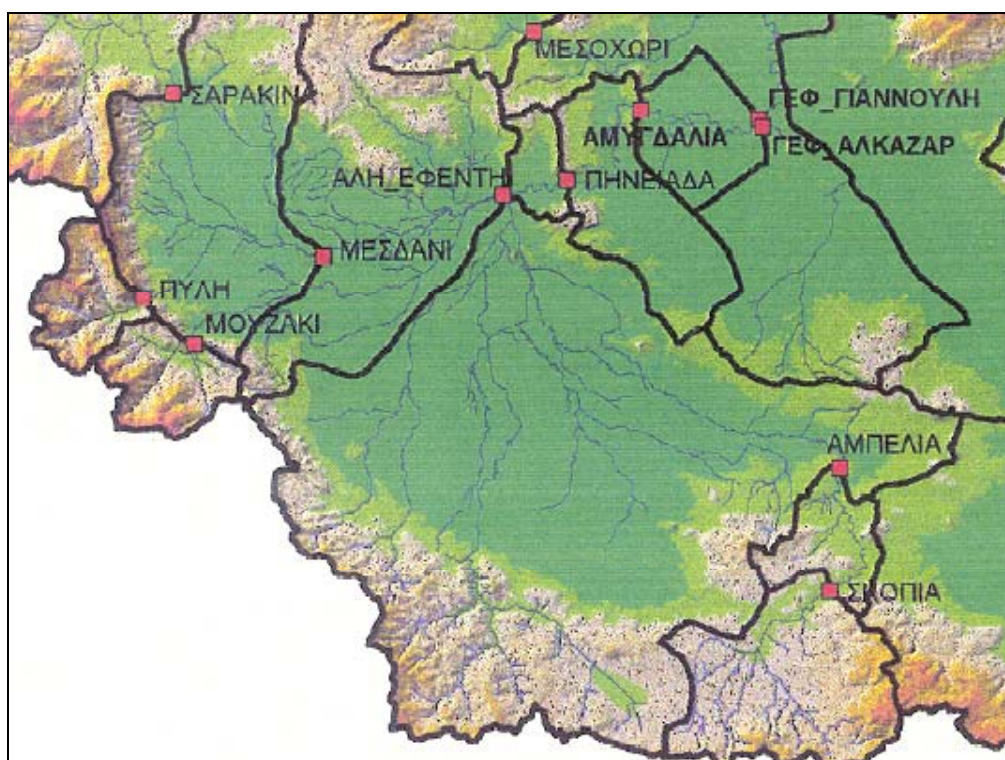
Σχήμα 5.1: Σχηματική απεικόνιση υδροσυστήματος

5.2: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Το σύνολο των υδρομετρικών δεδομένων ελήφθη από τη μελέτη των Κουτσογιάννη κ.α. (2001). Στα πλαίσια της μελέτης αυτής καταρτίστηκαν σε διάφορες θέσεις της περιοχής ιστορικές χρονοσειρές παροχών, οι οποίες καλύπτουν την περίοδο 1960-93. Από τις χρονοσειρές αυτές επιλέχθηκαν εκείνες που ήταν σε θέσεις ενδιαφέροντος και ταυτόχρονα θεωρούνταν αξιόπιστες. Στη συνέχεια ακολούθησε αναγωγή και φυσικοποίηση των παροχών, οπότε και σχηματίστηκαν τα τελικά δείγματα, που χρησιμοποιήθηκαν στην προσομοίωση.

5.2.1: Συλλογή δεδομένων

Στην περιοχή της Καρδίτσας υπάρχουν αρκετοί σταθμοί μέτρησης της παροχής (Σχήμα 5.2), οι οποίοι όμως βρίσκονται στα ανάντη τμήματα των παραποτάμων του Πηνειού. Στο πεδινό τμήμα της περιοχής βρίσκεται μόλις ένας σταθμός (Αλή Εφέντη), ενώ οι υπόλοιποι σταθμοί βρίσκονται σε πιθανές θέσεις φραγμάτων. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι σταθμοί και οι υπολεκάνες τους και αναφέρονται οι μέθοδοι συμπλήρωσης των δειγμάτων παροχής. Τα στοιχεία αυτά προέρχονται αυτούσια από τη μελέτη των Κουτσογιάννη κ.α.[2001].



Σχήμα 5.2: Υδρομετρικοί σταθμοί και λεκάνες απορροής περιοχής Καρδίτσας

Α. Νότια περιοχή

Για τον υδρομετρικό σταθμό Σκοπιά του Ενιπέα συμπληρώθηκε το δείγμα που υπήρχε για 21 χρόνια (1971-92) με τη μέθοδο της διπλής γραμμικής παλινδρόμησης και επεκτάθηκε βάσει των βροχοπτώσεων. Η έκταση της υπολεκάνης της Σκοπιάς είναι 409.0 km².

Για τον υδρομετρικό σταθμό Αμπελιά του Ενιπέα συμπληρώθηκε το δείγμα που υπήρχε για 25 χρόνια (1960-85) με τη μέθοδο της διπλής γραμμικής παλινδρόμησης και επεκτάθηκε με βάση τις επιφανειακές βροχοπτώσεις. Η έκταση της υπολεκάνης της Αμπελιάς είναι 534.1 km².

Από τους παραπάνω δύο σταθμούς εκτιμήθηκε η παροχή στη θέση Παλαιοδερλί, το οποίο αποτελεί και πιθανή θέση φράγματος. Τα υδρολογικά στοιχεία της θέσης αυτής εισήλθαν στους παρακάτω υπολογισμούς. Η έκταση της λεκάνης στο Παλαιοδερλί είναι 427.6 km².

Β. Δυτική περιοχή

Για τους υδρομετρικούς σταθμούς Πύλη- Μουζάκι χρησιμοποιήθηκαν οι χρονοσειρές απορροής που παρατίθενται στη μελέτη του Κουτσογιάννη (2001). Η έκταση της Πύλης είναι 133.8 km² και του Μουζακίου 146.8 km².

Γ. Κεντρική περιοχή

Για τον υδρομετρικό σταθμό του Αλή Εφέντη του Πηνειού, συμπληρώθηκε το δείγμα που υπήρχε για 35 χρόνια με τη μέθοδο της διπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Η έκταση της λεκάνης απορροής του Αλή Εφέντη είναι 2714.4 km².

Οι παραπάνω μη φυσικοποιημένες χρονοσειρές χρησιμοποιήθηκαν για την περαιτέρω επεξεργασία τα χαρακτηριστικά τους και παρατίθενται στον πίνακα 5.1:

Πίνακας 5.1: Στατιστικά χαρακτηριστικά ιστορικών χρονοσειρών στους υδρομετρικούς σταθμούς και στις θέσεις φραγμάτων.

Θέση	Έκταση λεκάνης (km ²)	Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)	Μέση ετήσια παροχή (m ³ /s)	Ισοδύναμο ύψος απορροής (mm)	Συντελεστής απορροής
Πύλη	133.80	1678.40	5.13	1210.00	0.72
Μουζάκι	146.80	1474.20	3.61	776.00	0.53
Αλή Εφέντη	2714.40	941.70	38.52	447.50	0.48
Σμόκοβο	382.00	747.30	5.34	440.70	0.59
Σκοπιά	409.00	652.90	1.65	127.30	0.20
Αμπελιά	534.10	625.20	2.83	164.50	0.26
Παλαιοδερλί	427.60	649.60	2.19	161.50	0.25

5.2.2: Αναγωγή και φυσικοποίηση των παροχών

Επειδή αφενός τα δεδομένα που έχουν λειφθεί για άρδευση από επιφανειακά νερά βρίσκονται στα σημεία των κόμβων του δικτύου και αφετέρου τα υδρολογικά δεδομένα πρέπει να εισαχθούν στις θέσεις των κόμβων έπρεπε να μεταφέρουμε τις παροχομετρικές πληροφορίες στις θέσεις ενδιαφέροντος. Η διαδικασία η οποία ακολουθήθηκε προκειμένου να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος ήταν η εξής:

- Βήμα 1: Δημιουργία των λεκανών απορροής του κάθε ποταμού και υπολογισμός βάσει των στοιχείων που διαθέτουμε.
- Βήμα 2: Ορισμός των διακλαδώσεων και των συμβολών του υδρογραφικού δικτύου, έτσι ώστε να οριστούν οι λεκάνες που τροφοδοτούν τα αντίστοιχα σημεία των κόμβων του δικτύου.
- Βήμα 3: Υπολογισμός των εισροών στους κόμβους του δικτύου σύμφωνα με το βήμα 2.

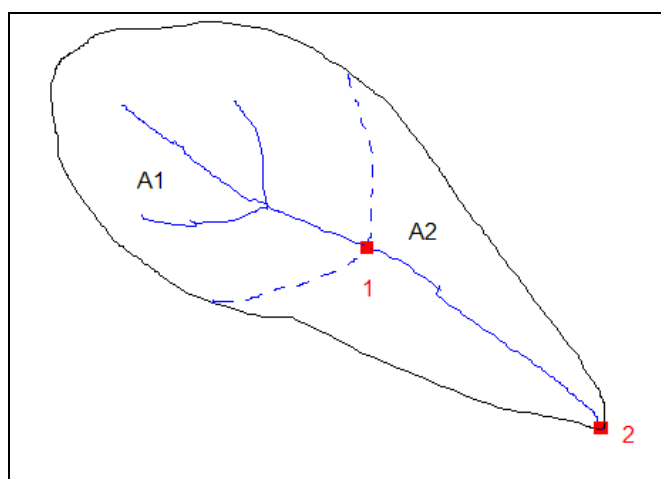
Στον πίνακα 5.2 καταγράφονται οι εκτάσεις των λεκανών απορροής στις οποίες κατέληξε το βήμα 1.

Πίνακας 5.2: Συμβάλλοντες κλάδοι γνωστών παροχών και εμβαδά αντίστοιχων λεκανών.

	Συμβάλλοντες κλάδοι με γνωστή παροχή		Λεκάνες απορροής km ²	
1	Μουζάκι		Μουζάκι	Πάμισος
			140.51	169.5
2	Αλή Εφέντη		Αλή Εφέντη	
3	Σμόκοβο		Σμοκόβου	Καλέτζη
			363.48	194.17
4	Μουζάκι	Σμόκοβο	Μουζάκι	Σμοκόβου
			140.51	363.48
5	Σμόκοβο		Σμοκόβου	Σοφαδίτη
			363.48	155.12
6	Παλαιοδερλί		Παλαιοδερλί	Ενιππέας
			454.37	279.3
7	Σμόκοβο	Παλαιοδερλί	Σμοκόβου	Παλαιοδερλί
			363.48	454.37
			Φαρσαλιώτης	361.52

Κατά την διαδικασία αναγωγής, χρησιμοποιήθηκε μια τυπική μεθοδολογία, η οποία βασίζεται στην υπόθεση κοινών συντελεστών απορροής και κοινής βροχόπτωσης σε παρακείμενες λεκάνες.

Έστω ότι στη διατομή 1 είναι γνωστή η εισροή Q_1 και ζητείται η εισροή στην έξοδο της λεκάνης. Συμβολίζοντας με A_1 την έκταση της υπολεκάνης ανάντη της θέσης 1 και A_2 την έκταση της υπολεκάνης μεταξύ των θέσεων 1 και 2 (Σχήμα 5.3) και υποθέτωντας κοινό συντελεστή απορροής προκύπτει η σχέση:



Σχήμα 5.3 Μεθοδολογία αναγωγής παροχής

$$Q_2 = Q_1 \times (A_2/A_1) \times (R_2/R_1)$$

Όπου με Q_i συμβολίζεται η εισροή στη θέση i , με A_i η έκταση της υπολεκάνης i και με R_i η επιφανειακή βροχόπτωση στην υπολεκάνη i . Λόγω του ότι οι εξεταζόμενες λεκάνες βρίσκονται κοντά και έχουν παρόμοια γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά εμφανίζουν ίσα ύψη ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, οπότε η σχέση μπορεί να θεωρηθεί ότι:

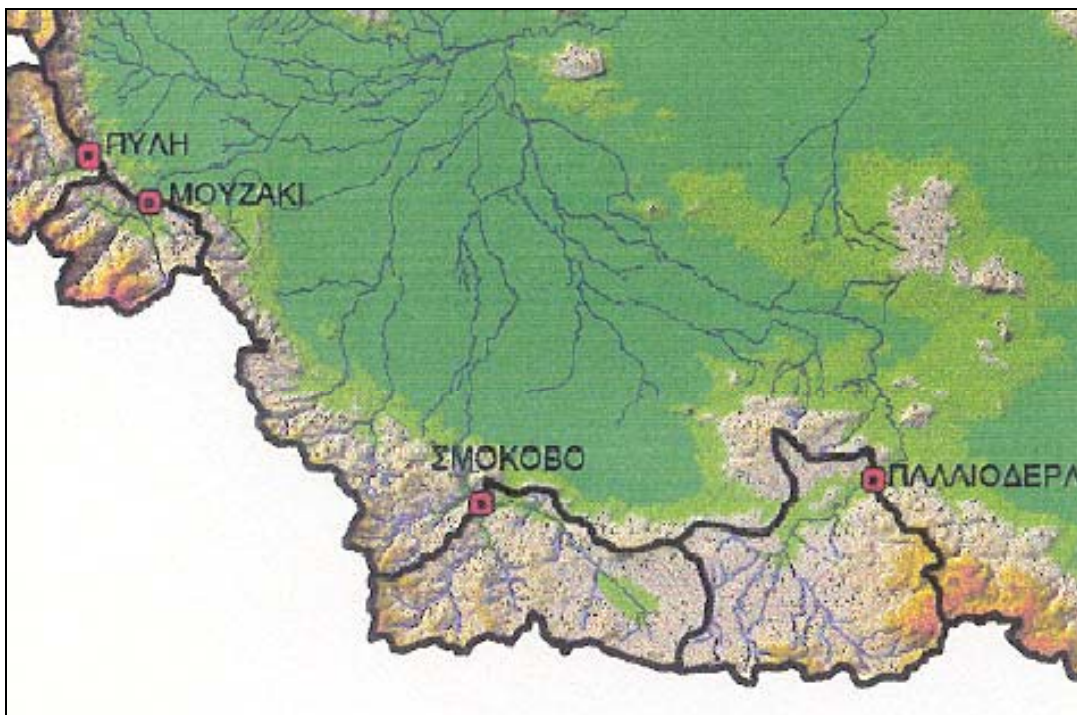
$$Q_2 = Q_1 \times A_2/A_1$$

Ακολουθώντας την παραπάνω διαδικασία καταλήξαμε στα εξής συμπεράσματα:

- Λεκάνη απορροής Παμίσου (2-7): Η απορροή που καταλήγει εκεί ισούται με την απορροή του Παμίσου στη θέση Μουζάκι, προσαυξημένη κατά ένα συντελεστή 2,2. Ο συντελεστής αυτός προκύπτει ως το πηλικό των εμβαδών των αντίστοιχων λεκανών.
- Λεκάνη απορροής Σελλάνων (7-8): Η απορροή που καταλήγει εκεί ισούται με την απορροή που έχει προκύψει από το σταθμό του Αλή Εφέντη, αφαιρώντας την απορροή του Παμίσου, αλλά και ένα τμήμα το οποίο ανήκει στη περιοχή των Τρικάλων
- Λεκάνη απορροής Καρδίτσας (4-11): Στην προσομοίωση μας καλύπτει ένα πολύ μεγάλο μέρος του κεντρικού τμήματος του νομού Καρδίτσας. Η απορροή αυτής της λεκάνης ισούται με το άθροισμα ενός ποσοστού της απορροής του Σμοκόβου γύρω στο 85% και της απορροής του Μουζακίου σε ποσοστό 75%. Τα παραπάνω αποτελέσματα προέκυψαν με συσχέτιση των εισροών στις θέσεις των δυο φραγμάτων, θεωρώντας ότι οι υδρογεωλογικές συνθήκες μεταξύ των αντίστοιχων λεκανών είναι ίδιες.
- Λεκάνη απορροής Σοφάδων (20-14): Η απορροή της υπολογίστηκε εύκολα λόγω του γεγονότος πως βρίσκεται ακριβώς κατάντη του ταμιευτήρα του Σμοκόβου. Είναι αντίστοιχη της εισροής στον ταμιευτήρα προσαυξημένη κατά 1,4.
- Λεκάνη Ταμασίου (16-17): Λόγω έλλειψης υδρολογικών στοιχείων στην περιοχή του η απορροή υπολογίστηκε με συσχέτιση των εισροών στη θέση του φράγματος στο Παλαιοδερλί και στο Σμόκοβο, με τη θεώρηση ότι οι

υδρογεωλογικές συνθήκες είναι ίδιες (σχήμα 5.4). Έτσι υπολογίστηκε πως η απορροή είναι το άθροισμα του 50% της απορροής του Σμοκόβου και το 40% της απορροής της θέσης Παλαιοδερλί.

- Άνω λεκάνη Ενιπέα (7-20): Η απορροή υπολογίστηκε ως το 160% της απορροής στη θέση Παλαιοδερλί.



Σχήμα 5.4: Θέσεις εξεταζόμενων φραγμάτων και λεκάνες απορροής

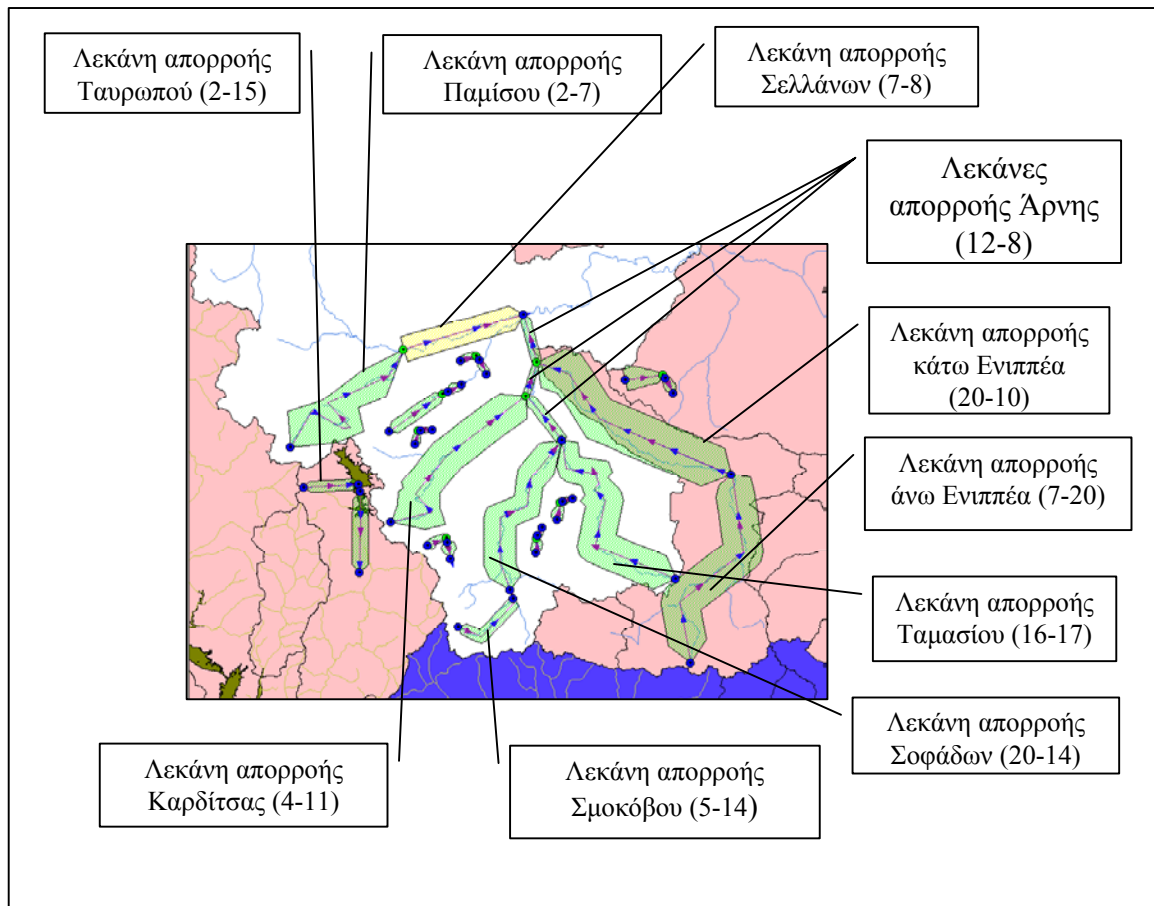
- Κάτω λεκάνη Ενιπέα (20-10): Αποτελεί το υπόλοιπο της λεκάνης του Ενιπέα. Λόγω της ανυπαρξίας υδρολογικών στοιχείων κάναμε την υπόθεση πως οι εισροές σε αυτό το τμήμα του ποταμού είναι αρκετά μειωμένες, ίσες περίπου με το 25% της εισροής στη θέση Παλαιοδερλί.
- Τέλος, για τη λειτουργία του μοντέλου η λεκάνη της Άρνης (12-8) χωρίστηκε σε τρεις υπολεκάνες σχεδόν του ίδιου εμβαδού. Η απορροή θεωρήθηκε και εδώ αρκετά μειωμένη και ίση με το άθροισμα του 40% της απορροής του Σμοκόβου και του 40% της απορροής στη θέση Παλαιοδερλί.

Μετά από όλη αυτή τη διαδικασία προέκυψαν οι τελικές χρονοσειρές απορροής σε όλες τις υπολεκάνες ενδιαφέροντος, οι οποίες καλύπτουν την περίοδο 1960-1993. Στον Πίνακα 5.3 παρουσιάζονται τα στατιστικά χαρακτηριστικά των χρονοσειρών

απορροής ενώ τα αναλυτικά στοιχεία παρατίθενται στο παράρτημα . Επίσης στο σχήμα 5.5 παρουσιάζονται σχηματικά οι διαμορφωμένες λεκάνες απορροής, έτσι όπως εισήχθησαν στο πρόγραμμα.

Πίνακας 5.3: Στατιστικά χαρακτηριστικά απορροής στις θέσεις ενδιαφέροντος (m³/s)

Λεκάνη απορροής		Οκτ	Νοε	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Μ.Τ. Έτους
Πάμισος 2-7 (10 χρόνια)	M.T	1.4	5.9	14.2	13.1	15.0	15.4	14.5	9.8	3.0	4.2	1.2	6.2	8.7
	T.A.	1.5	5.3	6.7	6.0	7.2	5.5	11.4	5.9	0.9	6.5	0.6	4.5	5.2
Σελλάνοι 7-8 (35 χρόνια)	M.T	4.1	4.0	5.0	10.7	13.5	18.3	11.0	5.7	4.5	2.4	2.9	6.0	7.3
	T.A.	5.9	13.6	13.0	22.4	20.0	27.4	21.6	15.5	5.4	2.4	2.0	8.1	13.1
Καρδίτσα 4-11 (25 χρόνια)	M.T	3.7	9.5	19.3	18.8	23.6	27.3	18.3	11.8	7.1	7.2	4.5	1.9	12.7
	T.A.	3.7	9.3	13.4	10.6	10.5	12.4	10.6	6.0	3.7	4.7	2.3	0.9	7.3
Σοφάδες 20-14 (25 χρόνια)	M.T	3.4	6.8	11.9	12.2	16.7	21.0	10.0	4.6	3.0	1.3	1.3	3.9	8.0
	T.A.	3.7	9.3	13.0	8.7	9.1	12.9	5.5	3.6	3.9	1.7	1.7	2.2	6.3
Ταμάσιο 16-17 (25 χρόνια)	M.T	1.7	3.0	5.3	5.7	7.6	9.5	4.7	2.3	1.4	0.6	0.5	1.9	3.7
	T.A.	2.0	3.7	5.6	4.0	4.3	6.1	2.6	1.6	1.5	0.6	0.6	0.9	2.8
Άνω Ενιπέας 7-20 (21 χρόνια)	M.T	2.0	2.7	4.5	5.9	7.1	9.0	5.0	2.9	1.5	0.7	0.4	2.0	3.7
	T.A.	3.1	3.2	5.6	5.8	7.0	7.9	4.1	2.3	1.2	0.5	0.4	1.2	3.5
Κάτω Ενιπέας 20-10 (21 χρόνια)	M.T	0.3	0.6	1.1	1.1	1.5	1.9	1.0	0.6	0.5	0.4	0.4	0.7	0.8
	T.A.	0.4	0.7	1.1	0.8	0.9	1.2	0.5	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.6
Άρνη 12-8 (21 χρόνια)	M.T	1.5	2.6	4.6	5.0	6.6	8.3	4.2	2.2	1.4	0.8	0.7	1.9	3.3
	T.A.	1.7	3.2	4.9	3.5	3.8	5.4	2.3	1.4	1.3	0.6	0.5	0.8	2.4



Σχήμα 5.5: Διαμορφωμένες λεκάνες απορροής

5.3: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΑΠΟΛΗΨΕΩΝ

5.3.1: ΑΡΔΕΥΣΗ

Σκοπός μας σε αυτό το στάδιο της εργασίας ήταν να ομαδοποιήσουμε τις αρδευτικές εκτάσεις σε κόμβους προκειμένου να μπορέσουμε να προσομοιώσουμε τις συνολικές αρδεύσεις και κατά συνέπεια τις απαιτούμενες ποσότητες νερού. Οι αρδευτικοί κόμβοι που δημιουργήσαμε είναι επτά και καλύπτουν σχεδόν ολόκληρες τις αρδευτικές εκτάσεις της περιοχής. Η λογική με την οποία σχηματοποιήθηκαν αυτοί οι κόμβοι ήταν καταρχήν η προέλευση του νερού από το οποίο αρδεύονται οι περιοχές τους έτσι ώστε ο κάθε κόμβος να έχει έναν και μοναδικό ανάντη κόμβο. Οι υδατικές ανάγκες των περιοχών ήταν ήδη γνωστές από μελέτη των Α. Κουκουβίνου

και Ε. Ρόζου, το 1999, η οποία αποτελεί αξιόπιστη πηγή άντλησης δεδομένων. Αναλυτικά έχουν ως εξής:

1. Κόμβος Παμίσου (I1)

Ο κόμβος αυτός βρίσκεται στο βορειοανατολικό άκρο της περιοχής και ενσωματώνει τους δήμους Παμίσου, Μουζακίου και Μεγάλων Καλυβίων. Ο κυριότερος όγκος των καλλιεργειών ανήκουν στο δήμο Παμίσου και γι' αυτό πήρε το όνομα του. Σημαντικότατο χαρακτηριστικό αυτής της περιοχής που τη διαφοροποιεί από τις υπόλοιπες είναι ο πλούσιος υδροφόρος ορίζοντας που διαθέτει. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως εκεί υπάρχει ο κώνος του Πορταϊκού- Πηνειού- Παμίσου και δίνει τη δυνατότητα να αναπτυχθεί υδροφόρος ορίζοντας υψηλού δυναμικού με δυνατότητες άμεσης και ταχείας επανατροφοδότησης, η οποία γίνεται μέσω της άμεσης κατείδυσης της βροχής και των διηθήσεων των ποταμών.

2. Κόμβος Καρδίτσας (I2)

Στον κόμβο της Καρδίτσας έχουν ενσωματωθεί οι δήμοι Καρδίτσας, Ιταμού, Μητρόπολης και Πλαστήρα, με κυρίαρχο τον δήμο Καρδίτσας, ο οποίος διαθέτει τις περισσότερες αρδευτικές εκτάσεις καθώς και τον κόμβο ύδρευσης του συστήματος. Βασική προέλευση του αρδευόμενου νερού γι' αυτόν τον κόμβο αποτελεί η λίμη Πλαστήρα, αλλά και κάποιες μικρές ποσότητες υπογείων νερών της τάξης του 10%.

3. Κόμβος Κάμπου (I3)

Στον κόμβο Κάμπου έχουν ενσωματωθεί οι δήμοι Κάμπου και Καλλιφώνου, με τον πρώτο να παίζει σημαντικότερο ρόλο μια και έχει μεγαλύτερη έκταση και ως εκ τούτου περισσότερες απαιτήσεις σε νερό. Κοινό σημείο του Κάμπου με τον κόμβο της Καρδίτσας αποτελεί το γεγονός πως και εδώ κύρια προέλευση του αρδευόμενου νερού είναι η λίμη του Πλαστήρα.

4. Κόμβος Σοφάδων (I4)

Αποτελείται από τους δήμους Σοφάδων και Μενελαΐδας, με τον πρώτο να διαθέτει σημαντικότερες αρδευτικές εκτάσεις. Ως σήμερα, κύριος τρόπος άρδευσης ήταν τα επιφανειακά νερά του Σοφαδίτικου, ο οποίος διασχίζει την περιοχή. Σε αυτή την εργασία αυτό διαφοροποιείται και πλέον τα νερά προέρχονται από τον ταμιευτήρα του Σμοκόβου που αποτελεί έναν καινούριο κόμβο για το σύστημα της περιοχής. Επίσης, ο κόμβος των Σοφάδων διαθέτει και αυτός σημαντικές ποσότητες υπόγειων υδάτων, όχι βέβαια στο βαθμό του Παμίσου, από όπου μπορούν επίσης να προέλθουν αρδευτικές ποσότητες νερού.

5. Κόμβος Ταμασίου (I5)

Πρόκειται για την ευρύτερη περιοχή του Δομοκού η οποία, παρόλο που ανήκει διοικητικά στη Φθιώτιδα, συγκαταλέγεται υδρολογικά στην Καρδίτσα. Η περιοχή διαθέτει αξιόλογες αρδευτικές εκτάσεις οι οποίες ομαδοποιούνται στον κόμβο του Ταμασίου.

6. Κόμβος Άρνης (I7)

Αποτελείται μόνο από το δήμο Άρνης, ο οποίος από αποτελεί ξεχωριστό κόμβο αφού έχει πολύ μεγάλες αρδευτικές εκτάσεις.

7. Κόμβος Φύλλου (I6)

Ο δήμος Φύλλου συμπεριλαμβάνει και περιοχές που βρίσκονται στο νομό Λαρίσης. Ο λόγος για τον οποίο συγκαταλέγονται στο σύστημα μας είναι γιατί οι περιοχές αυτές αρδεύονται κυρίως από τα νερά του Ενιπέα, ο οποίος πηγάζει αλλά και συμβάλλει μέσα στο νομό Καρδίτσας.

5.3.2.: ΥΔΡΕΥΣΗ

Στην περιοχή μας υπάρχει ένας σημαντικότερος κόμβος ύδρευσης που είναι η πόλη της Καρδίτσας, με πληθυσμό γύρω στους τριάντα χιλιάδες κατοίκους. Επίσης, υπάρχουν ακόμα δύο ημιαστικά κέντρα, οι Σοφάδες και ο Παλαμάς, της τάξης των πέντε χιλιάδων κατοίκων. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας, τα συγκεκριμένα δύο κέντρα δεν τα λάβαμε υπόψη μας τόσο γιατί η συμβολή τους στις συνολικές απαιτήσεις για νερό της περιοχής είναι αμελητέα όσο και για το γεγονός πως σε

διαφορετική περίπτωση θα κάναμε το σύστημα μας ακόμα πιο πολύπλοκο χωρίς στην πραγματικότητα ουσιαστικό λόγο. Άλλωστε οι αρδευτικές ανάγκες είναι πολύ μεγαλύτερες από τις ανάγκες ύδρευσης και έτσι δεν υπήρχε ιδιαίτερος λόγος να ασχοληθούμε πιο διεξοδικά με την ύδρευση.

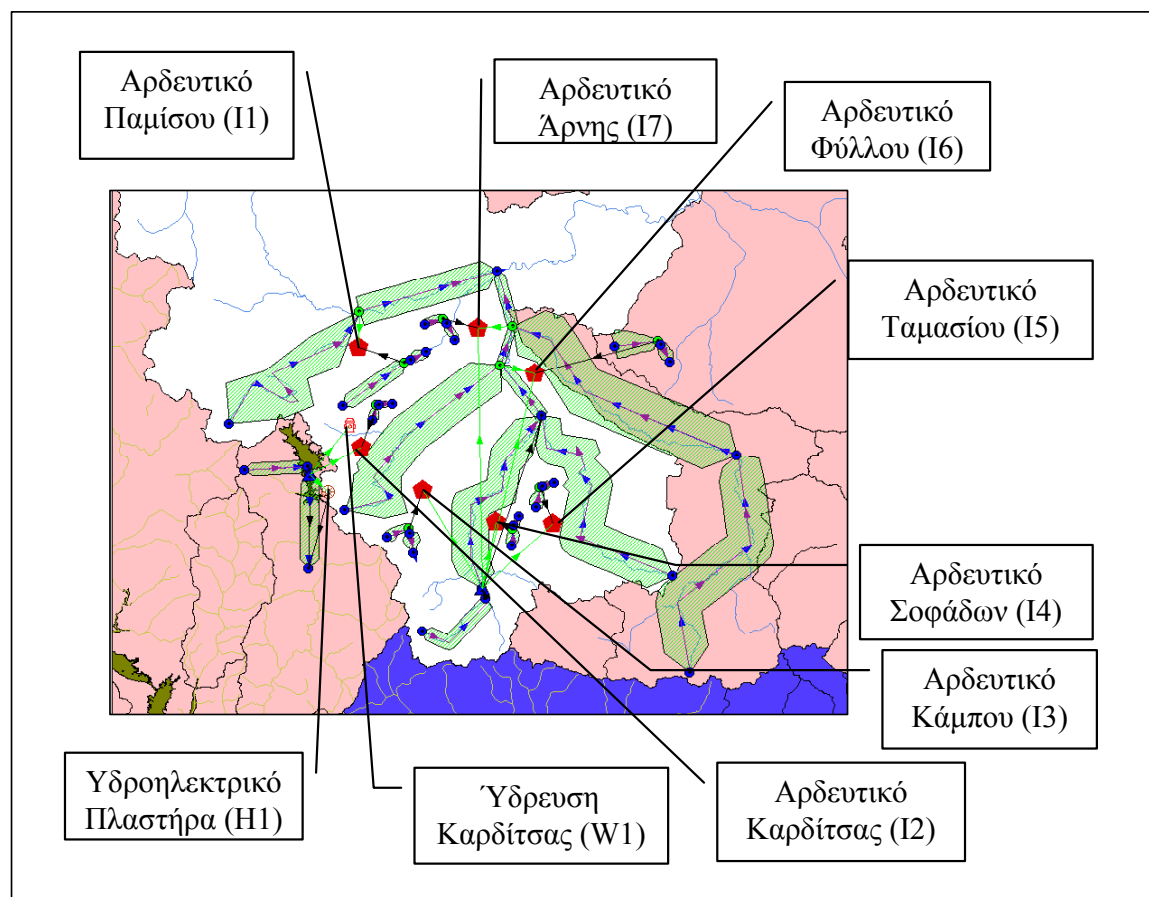
Στους υπολογισμούς που κάναμε για το ποσό νερού που απαιτείται για ύδρευση θεωρήσαμε πως σε κάθε κάτοικο αναλογούν 250 L/ ημέρα. Τα πληθυσμιακά στοιχεία για την Καρδίτσα λήφθηκαν από την απογραφή του 2001.

5.3.3.: ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Στον ταμιευτήρα του Πλαστήρα λειτουργεί υδροηλεκτρικό εργοστάσιο της Δ.Ε.Η. Αν και ο ταμιευτήρας του Πλαστήρα αρχικά σχεδιάστηκε για παραγωγή ενέργειας, με το πέρασμα του χρόνου πρώτη προτεραιότητα έγινε η άρδευση. Παρόλα αυτά ο υδροηλεκτρικός σταθμός συνεχίζει να λειτουργεί παράγοντας ενέργεια, η οποία βέβαια δεν θεωρείται πρωτεύουσα. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι 129,9 MW.

Επίσης, μια ιδιαιτερότητα του υδροηλεκτρικού του Πλαστήρα είναι πως δεν βρίσκεται κατάντη του φράγματος αλλά το νερό εκτρέπεται για να φτάσει στο σταθμό. Η σήραγγα προσαγωγής έχει μήκος 2625 m και το νερό, μετά την έξοδό του από τους στροβίλους, διοχετεύεται για κάλυψη των αναγκών ύδρευσης και άρδευσης στο νομό Καρδίτσας [ΕΥΔΕ Αχελώου και ΥΠΕΧΩΔΕ,1995].

Αναλυτικά, οι πίνακες ζήτησης νερού των κόμβων άρδευσης, ύδρευσης και υδροηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζονται στο παράρτημα ενώ σχηματικά παρουσιάζονται στο σχήμα 5.6.



Σχήμα 5.6: Κόμβοι ζήτησης

5.4: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ

5.4.1: Ταμιευτήρας Πλαστήρα

Αποτέλεσε τον πρώτο κόμβο ταμιευτήρα για το σύστημα μας και σημαντικότερο τροφοδότη νερού. Βρίσκεται στο δυτικό και πλούσιο σε υδατικά αποθέματα τμήμα του νομού, με λεκάνη απορροής περίπου 165 km². Ικανοποιεί τις ανάγκες ύδρευσης της πόλης της Καρδίτσας και αποτελεί την προέλευση των επιφανειακών νερών άρδευσης για τους κόμβους του Παμίσου, της Καρδίτσας και του Κάμπου. Ταυτόχρονα, κατάντη από τη λίμνη λειτουργεί ο υδροηλεκτρικός σταθμός του Πλαστήρα. Ο συγκεκριμένος ταμιευτήρας έχει το χαρακτηριστικό πως δεν έχει κατάντη ροή προς το ποτάμι, γεγονός που μας επιτρέπει να μην θεωρήσουμε περιορισμό ελάχιστης απορροής. Επίσης, η στάθμη μειωμένης λειτουργίας του ταμιευτήρα ταυτίστηκε με την κατώτατη στάθμη λειτουργίας που είναι ίση με 776 m.

5.4.2: Ταμιευτήρας Σμοκόβου

Ο ταμιευτήρας του Σμοκόβου βρίσκεται στο νότιο άκρο του νομού Καρδίτσας, πολύ κοντά στις πηγές του Σοφαδίτικου. Είναι ένα καινούριο έργο το οποίο μόλις πρόσφατα τέθηκε σε λειτουργία και αναμένεται να ανακουφίσει, χωρίς βέβαια να δώσει μόνιμες λύσεις, το νοτιο τμήμα της Θεσσαλικής πεδιάδας.

Η λειτουργία του ταμιευτήρα έχει όμως ένα χαρακτηριστικό που τον διαφοροποιεί από τους συνηθισμένους ταμιευτήρες και αυτό είναι το γεγονός πως οι απολήψεις για άρδευση δεν γίνονται από τη λίμνη, αλλά από την κοίτη του ποταμού κατάντη του φράγματος. Ο ταμιευτήρας λοιπόν αποτελεί έναν ρυθμιστή της ροής του ποταμού προκειμένου αυτός να έχει κάθε στιγμή την επιθυμητή ροή.

Αυτό στο συγκεκριμένο μοντέλο δεν φαίνεται, αφού οι αρδευόμενες εκτάσεις είναι σε απ'ευθείας σύνδεση με τη λίμνη. Αυτό έγινε με τη λογική πως δεν αναγκαίο να φανεί πως η άρδευση γίνεται από το ποτάμι αφού οι ποσότητες του νερού που απαιτείται είναι οι ίδιες. Άρα λοιπόν, το μόνο που θα δημιουργούσε μια απόληψη νερού από την κοίτη θα ήταν παραπάνω πολυπλοκότητα στη χρήση του λογισμικού.

Τέλος, όπως και στον ταμιευτήρα του Πλαστήρα, η στάθμη μειωμένης λειτουργίας ταυτήστηκε με τη στάθμη κατώτατης λειτουργίας δηλαδή ίση με 308 m.

5.5. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ

Το δυναμικό των υπόγειων υδροφορών ήταν ήδη γνωστό από προηγούμενες εργασίες που έχουν γίνει πρόσφατα για την περιοχή [Πέππας, 2001]. Στην παρούσα εργασία, υιοθετήσαμε τις ίδιες τιμές που φαίνονται στον τον Πίνακα (5.4):

Πίνακας 5.4: Μέγιστο μηνιαίο απολήψιμο δυναμικό γεωτρήσεων

ΚΟΜΒΟΣ	ΔΥΝΑΜΙΚΟ (m ³ /s)
ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΠΑΜΙΣΟΥ	2.707
ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΚΑΜΠΟΥ	0.995
ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	0.385
ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΣΟΦΑΔΩΝ	4.988
ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΤΑΜΑΣΙΟΥ	3.869
ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΦΥΛΛΟΥ	6.714
ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΑΡΝΗΣ	1.326

Ωστόσο, στην προσομοίωση των ταμιευτήρων διαπιστώθηκε ένα πρόβλημα το οποίο κατέληξε να είναι το μεγαλύτερο που αντιμετωπίσαμε και καταναλώθηκε μεγάλο χρονικό διάστημα εως ότου βρεθεί λύση.

Οι απαιτήσεις του προγράμματος ως προς τα υπόγεια νερά είναι η μέγιστη και η ελάχιστη στάθμη του υδροφορέα, η επανατροφοδοσία τους από τους ποταμούς και ο εμπλουτισμός τους από τις διηθήσεις των βροχοπτώσεων. Όλα αυτά τα στοιχεία, και ειδικότερα στην Ελλάδα που υπάρχει έλλειψη δεδομένων, ήταν αδύνατον να βρεθούν. Η λύση, λοιπόν, που υιοθετήθηκε για την προσομοίωση των υπογείων νερών ήταν η εξής:

Γνωρίζοντας ήδη τις μέγιστες απολήψεις, δίπλα σε κάθε κόμβο άρδευσης δημιουργήσαμε έναν ψευδοποταμό με λεκάνη απορροής 1 km² και αποροή ίση με το μέγιστο δυναμικό των εκάστοτε υπόγειων υδροφορέων. Έτσι, ο κάθε κόμβος άρδευσης απέκτησε μια επιπλέον εισροή ίση με την εισροή από τα υπόγεια νερά, που όμως στην προσομοίωση θεωρούνται επιφανειακά. Με αυτόν τον τρόπο, παρακάμφθηκαν οι δυσκολίες που δημιουργούσε η έλλειψη δεδομένων και ταυτόχρονα εισήχθησαν στο σύστημα οι ποσότητες νερού που προέρχονται από τους υπόγειους υδροφορείς.

5.6: ΣΕΝΑΡΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Προσομοιώθηκαν 6 σενάρια με συνδυασμό τριών διαφορετικών αρδευόμενων περιοχών που αρδεύονται από τον ταμιευτήρα του Σμοκόβου και δύο διαφορετικών δυναμικών γεωτρήσεων. Συγκεκριμένα, του μεγίστου και του μισού του μεγίστου, προκειμένου στην πρώτη περίπτωση να μην υπάρξει επιπλέον ταπείνωση του υπόγειου ορίζοντα ενώ στη δεύτερη να υπάρξει βελτίωση της κατάστασης του.

5.6.1. ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΤΟΥ ΣΜΟΚΟΒΟΥ

Σενάριο 1: Ο ταμιευτήρας του Σμοκόβου αρδεύει περιοχές μόνο ανατολικά του Σοφαδίτη

Σενάριο 2: Ο ταμιευτήρας του Σμοκόβου αρδεύει και περιοχές δυτικά του φράγματος προς την περιοχή του Κάμπου

Σενάριο 3: Ο ταμιευτήρας του Σμοκόβου αρδεύει και περιοχές βόρεια του φράγματος προς τα σύνορα με τη Λάρισα.

5.6.2. ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΠΟΛΗΨΕΩΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ

- **A. Οι γεωτρήσεις προσφέρουν το μέγιστο δυνατό δυναμικό**

Όταν λέμε μέγιστο δυνατό δυναμικό εννοούμε τη μέγιστη παροχή νερού που μπορούμε να αντλήσουμε από κάθε γεώτρηση προκειμένου να σταματήσει η ταπείνωση του υπόγειου υδροφορέα. Αυτό σημαίνει πως ο κάθε κόμβος άρδευσης αποσπά νερό από τις αντίστοιχες γεωτρήσεις με παροχή ίση με αυτή που αναφέρεται στον πίνακα 5.4.

- **B. Οι γεωτρήσεις προσφέρουν το μισό του μεγίστου δυνατού δυναμικού τους**

Σκοπός του συγκεκριμένου σεναρίου ήταν να μειώσουμε τις απολήψιμες ποσότητες υπόγειου νερού προκειμένου να αρχίσει να βελτιώνεται η κατάσταση του υπόγειου υδροφορέα, τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά.

5.7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Για κάθε ένα από τα παραπάνω σενάρια έγινε προσομοίωση του υδροσυστήματος με βάση τις ιστορικές χρονοσειρές απορροής των υδρολογικών ετών 1960- 1993. Στη συνέχεια κατασκευάστηκαν οι καμπύλες πιθανότητας αστοχίας, δηλαδή μη εκπλήρωσης της ζήτησης, για κάθε έναν από τους κόμβους ζήτησης. Η σταθμισμένη αστοχία ορίστηκε είτε ως αστοχία έτους είτε ως αστοχία μήνα. Στην πρώτη περίπτωση, εάν αστοχήσει έστω και ένας μήνας, θεωρείται ότι αστοχεί ολόκληρο το έτος για τον κόμβο αναφοράς, ενώ στη δεύτερη αν αστοχήσει ένας μήνας τότε αστοχεί μόνο ο μήνας στο σύνολο των 6 μηνών της αρδευτικής περιόδου.

Οι πιθανότητες αστοχίας για κάθε κόμβο ζήτησης i ορίζονται ως:

$$A_{i,y} = t_{i,y} / 33 \quad \text{για το έτος και}$$

$$A_{i,m} = t_{i,m} / 198 \quad \text{για το μήνα,}$$

Όπου $A_{i,y}$ η ετήσια πιθανότητα αστοχίας για τον κόμβο I , $t_{i,y}$ το σύνολο των υδρολογικών ετών κατά τα οποία παρατηρήθηκε έλλειμμα, $A_{i,m}$ η μηνιαία πιθανότητα αστοχίας για τον κόμβο I και $t_{i,m}$ το σύνολο των χρονικών βημάτων (μηνών) κατά τα οποία παρατηρήθηκε έλλειμμα. Στη σχέση (2) το 33 αντιπροσωπεύει το σύνολο των ετών κατά τα οποία έγινε η προσομοίωση, ενώ το 198 συμβολίζει τους αντίστοιχους αρδευσιμους μήνες.

Η σταθμισμένη αστοχία του δικτύου ορίζεται ως:

$$a_j = \frac{\sum_{i=1}^n d_i a_{i,j}}{\sum_{i=1}^n d_i}$$

Όπου ο δείκτης j συμβολίζει το έτος (y) ή το μήνα (m), ενώ d_i είναι η ετήσια αρδευτική ζήτηση στον κόμβο i . Η έννοια της σταθμισμένης πιθανότητας υιοθετείται ως μία κατά το δυνατόν πιο αντικειμενική εκτιμήτρια της μέσης αστοχίας του υδροσυστήματος. Με τον τρόπο αυτόν οι κόμβοι που έχουν μεγαλύτερες αρδευτικές ανάγκες συμμετέχουν σε μεγαλύτερο βαθμό στη διαμόρφωση του δείκτη αστοχίας του δικτύου.

Τα κυριότερα αποτελέσματα των προσομοιώσεων συνοψίζονται στους παρακάτω πίνακες και σχήματα.

5.7.1: ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΗ ΑΣΤΟΧΙΑ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΑ ΕΛΛΕΙΜΑΤΑ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Α: ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ ΑΠΟ ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ

- Κόμβος άρδευσης I1- Πάμισος

Πίνακας 5.5 : Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση Α.

Σενάρια	Σταθμισμένη ετήσια αστοχία (%)	Σταθμισμένη μηνιαία αστοχία (%)
Σενάριο 1	100	37.4
Σενάριο 2	100	37.4
Σενάριο 3	100	37.4

Πίνακας 5.6: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση Α

Σενάρια	Ολικό ετήσιο έλλειμμα	Σταθμισμένο έλλειμμα	Μέση ετήσια απόληψη από επιφανειακά	Μέση ετήσια απόληψη από υπόγεια νερά	Μέση ετήσια συνολική απόληψη
	hm ³	(%)	hm ³	hm ³	hm ³
Σενάριο 1	12.0	11.9	17.1	36.5	53.5
Σενάριο 2	12.0	11.9	17.1	36.5	53.5
Σενάριο 3	12.0	11.9	17.1	36.5	53.5

- Κόμβος άρδευσης I2- Καρδίτσα

Πίνακας 5.7: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση Α

Σενάρια	Σταθμισμένη ετήσια αστοχία (%)	Σταθμισμένη μηνιαία αστοχία (%)
Σενάριο 1	88	34
Σενάριο 2	61	22
Σενάριο 3	61	22

Πίνακας 5.8: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση Α

Σενάρια	Ολικό ετήσιο έλλειμμα	Σταθμισμένο έλλειμμα	Μέση ετήσια απόληψη από επιφανειακά	Μέση ετήσια απόληψη από υπόγεια νερά	Μέση ετήσια συνολική απόληψη
	hm ³	(%)	hm ³	hm ³	hm ³
Σενάριο 1	16.7	26.4	34.0	6.1	40.1
Σενάριο 2	10.7	17.6	39.9	6.1	46.0
Σενάριο 3	10.7	17.6	39.9	6.1	46.0

- Κόμβος άρδευσης I3- Κάμπος

Πίνακας 5.9: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση Α

Σενάρια	Σταθμισμένη ετήσια αστοχία (%)	Σταθμισμένη μηνιαία αστοχία (%)
Σενάριο 1	88	37
Σενάριο 2	0	0
Σενάριο 3	3	1

Πίνακας 5.10: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση Α

Σενάρια	Ολικό ετήσιο έλλειμμα	Σταθμισμένο έλλειμμα	Μέση ετήσια απόληψη από επιφανειακά	Μέση ετήσια απόληψη από υπόγεια νερά	Μέση ετήσια συνολική απόληψη
	hm ³	(%)	hm ³	hm ³	hm ³
Σενάριο 1	81.6	21.9	18.3	14.4	32.6
Σενάριο 2	0.0	0.0	31.9	14.4	46.3
Σενάριο 3	0.3	0.5	31.6	14.4	46.0

- Κόμβος άρδευσης I4- Σοφάδες

Πίνακας 5.11: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση Α

Σενάρια	Σταθμισμένη ετήσια αστοχία (%)	Σταθμισμένη μηνιαία αστοχία (%)
Σενάριο 1	0	0
Σενάριο 2	0	0
Σενάριο 3	0	0

Πίνακας 5.12: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση Α

Σενάρια	Ολικό ετήσιο έλλειμμα	Σταθμισμένο έλλειμμα	Μέση ετήσια απόληψη από επιφανειακά	Μέση ετήσια απόληψη από υπόγεια νερά	Μέση ετήσια συνολική απόληψη
	hm ³	(%)	hm ³	hm ³	hm ³
Σενάριο 1	0.0	0.0	31.3	60.6	91.9
Σενάριο 2	0.0	0.0	31.3	60.6	91.9
Σενάριο 3	0.0	0.0	31.3	60.6	91.9

- Κόμβος άρδευσης I5- Ταμάσιο

Πίνακας 5.13: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση Α

Σενάρια	Σταθμισμένη ετήσια αστοχία (%)	Σταθμισμένη μηνιαία αστοχία (%)
Σενάριο 1	0	0
Σενάριο 2	0	0
Σενάριο 3	3	1

Πίνακας 5.14: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση Α

Σενάρια	Ολικό ετήσιο έλλειμμα	Σταθμισμένο έλλειμμα	Μέση ετήσια απόληψη από επιφανειακά	Μέση ετήσια απόληψη από υπόγεια νερά	Μέση ετήσια συνολική απόληψη
	hm ³	(%)	hm ³	hm ³	hm ³
Σενάριο 1	0.0	0.0	22.6	47.0	69.6
Σενάριο 2	0.0	0.0	22.6	47.0	69.6
Σενάριο 3	0.0	0.0	22.5	47.0	69.5

- Κόμβος άρδευσης I6- Φύλλο

Πίνακας 5.15: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση Α

Σενάρια	Σταθμισμένη ετήσια αστοχία (%)	Σταθμισμένη μηνιαία αστοχία (%)
Σενάριο 1	49	11
Σενάριο 2	49	11
Σενάριο 3	3	1

Πίνακας 5.16: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση Α

Σενάρια	Ολικό ετήσιο έλλειμμα	Σταθμισμένο έλλειμμα	Μέση ετήσια απόληψη από επιφανειακά	Μέση ετήσια απόληψη από υπόγεια νερά	Μέση ετήσια συνολική απόληψη
	hm ³	(%)	hm ³	hm ³	hm ³
Σενάριο 1	17.2	1.4	42.6	81.0	123.6
Σενάριο 2	2.9	1.4	39.7	81.0	120.7
Σενάριο 3	0.2	0.1	42.4	81.0	123.4

- Κόμβος άρδευσης I7- Άρνη

Πίνακας 5.17: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση Α

Σενάρια	Σταθμισμένη ετήσια αστοχία (%)	Σταθμισμένη μηνιαία αστοχία (%)
Σενάριο 1	49	13
Σενάριο 2	49	13
Σενάριο 3	3	1

Πίνακας 5.18: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση Α

Σενάρια	Ολικό ετήσιο έλλειμμα	Σταθμισμένο έλλειμμα	Μέση ετήσια απόληψη από επιφανειακά	Μέση ετήσια απόληψη από υπόγεια νερά	Μέση ετήσια συνολική απόληψη
	hm ³	(%)	hm ³	hm ³	hm ³
Σενάριο 1	10.4	3.6	10.6	17.2	27.7
Σενάριο 2	1.7	3.6	10.6	17.2	27.7
Σενάριο 3	0.1	0.2	12.2	17.2	29.4

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Β: ΑΠΟΛΗΨΗ ΑΠΟ ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ ΙΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ

- Κόμβος άρδευσης I1- Πάμισος

Πίνακας 5.19: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση Β.

Σενάρια	Σταθμισμένη ετήσια αστοχία (%)	Σταθμισμένη μηνιαία αστοχία (%)
Σενάριο 1	100	100
Σενάριο 2	100	100
Σενάριο 3	100	100

Πίνακας 5.20: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση Β

Σενάρια	Ολικό ετήσιο έλλειμμα	Σταθμισμένο έλλειμμα	Μέση ετήσια απόληψη από επιφανειακά	Μέση ετήσια απόληψη από υπόγεια νερά	Μέση ετήσια συνολική απόληψη
	hm ³	(%)	hm ³	hm ³	hm ³
Σενάριο 1	21.7	23.6	23.6	20.3	43.9
Σενάριο 2	21.7	23.6	23.6	20.2	43.8
Σενάριο 3	21.3	23.3	23.6	20.2	43.8

- Κόμβος άρδευσης Ι2- Καρδίτσα

Πίνακας 5.21: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση Β.

Σενάρια	Σταθμισμένη ετήσια αστοχία (%)	Σταθμισμένη μηνιαία αστοχία (%)
Σενάριο 1	88	38
Σενάριο 2	61	22
Σενάριο 3	33	10.1

Πίνακας 5.22: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση Β

Σενάρια	Ολικό ετήσιο έλλειμμα	Σταθμισμένο έλλειμμα	Μέση ετήσια απόληψη από επιφανειακά	Μέση ετήσια απόληψη από υπόγεια νερά	Μέση ετήσια συνολική απόληψη
	hm ³	(%)	hm ³	hm ³	hm ³
Σενάριο 1	19.5	31.2	34.2	3.0	37.2
Σενάριο 2	11.5	19.3	42.2	3.0	45.2
Σενάριο 3	4.8	8.8	48.4	3.0	51.5

- Κόμβος άρδευσης I3- Κάμπος

Πίνακας 5.23: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση B.

Σενάρια	Σταθμισμένη ετήσια αστοχία (%)	Σταθμισμένη μηνιαία αστοχία (%)
Σενάριο 1	91	41
Σενάριο 2	30	13
Σενάριο 3	33	15

Πίνακας 5.24: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση B

Σενάρια	Ολικό ετήσιο έλλειμμα	Σταθμισμένο έλλειμμα	Μέση ετήσια απόληψη από επιφανειακά	Μέση ετήσια απόληψη από υπόγεια νερά	Μέση ετήσια συνολική απόληψη
	hm ³	(%)	hm ³	hm ³	hm ³
Σενάριο 1	18.5	32.6	19.9	7.8	27.8
Σενάριο 2	5.5	10.2	32.9	7.8	40.7
Σενάριο 3	6.5	11.7	31.9	7.8	39.7

- Κόμβος άρδευσης I4- Σοφάδες

Πίνακας 5.25: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση B

Σενάρια	Σταθμισμένη ετήσια αστοχία (%)	Σταθμισμένη μηνιαία αστοχία (%)
Σενάριο 1	3	1
Σενάριο 2	30	9
Σενάριο 3	33	12

Πίνακας 5.26: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση Β

Σενάρια	Ολικό ετήσιο έλλειμμα	Σταθμισμένο έλλειμμα	Μέση ετήσια απόληψη από επιφανειακά	Μέση ετήσια απόληψη από υπόγεια νερά	Μέση ετήσια συνολική απόληψη
	hm ³	(%)	hm ³	hm ³	hm ³
Σενάριο 1	0.0	0.1	56.8	35.0	91.9
Σενάριο 2	3.9	3.1	52.9	35.0	88.0
Σενάριο 3	6.4	5.0	50.4	35.0	85.5

- Κόμβος άρδευσης I5- Ταμάσιο

Πίνακας 5.27: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση Β

Σενάρια	Σταθμισμένη ετήσια αστοχία (%)	Σταθμισμένη μηνιαία αστοχία (%)
Σενάριο 1	3	1
Σενάριο 2	30	12
Σενάριο 3	33	14

Πίνακας 5.28: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση Β

Σενάρια	Ολικό ετήσιο έλλειμμα	Σταθμισμένο έλλειμμα	Μέση ετήσια απόληψη από επιφανειακά	Μέση ετήσια απόληψη από υπόγεια νερά	Μέση ετήσια συνολική απόληψη
	hm ³	(%)	hm ³	hm ³	hm ³
Σενάριο 1	0.4	0.4	41.8	27.3	69.2
Σενάριο 2	4.6	4.8	37.7	27.3	65.0
Σενάριο 3	6.3	6.5	35.9	27.3	63.2

- Κόμβος άρδευσης I6- Φύλλο

Πίνακας 5.29: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση B

Σενάρια	Σταθμισμένη ετήσια αστοχία (%)	Σταθμισμένη μηνιαία αστοχία (%)
Σενάριο 1	85	26
Σενάριο 2	85	26
Σενάριο 3	33	8

Πίνακας 5.30 : Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση B

Σενάρια	Ολικό ετήσιο έλλειμμα	Σταθμισμένο έλλειμμα	Μέση ετήσια απόληψη από επιφανειακά	Μέση ετήσια απόληψη από υπόγεια νερά	Μέση ετήσια συνολική απόληψη
	hm ³	(%)	hm ³	hm ³	hm ³
Σενάριο 1	12.7	6.4	64.1	46.8	110.9
Σενάριο 2	12.9	6.5	63.9	46.8	110.7
Σενάριο 3	5.2	2.6	71.5	46.8	118.3

- Κόμβος άρδευσης I7- Άρνη

Πίνακας 5.31: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση B

Σενάρια	Σταθμισμένη ετήσια αστοχία (%)	Σταθμισμένη μηνιαία αστοχία (%)
Σενάριο 1	79	24
Σενάριο 2	79	24
Σενάριο 3	30	7

Πίνακας 5.32: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τη περίπτωση Β

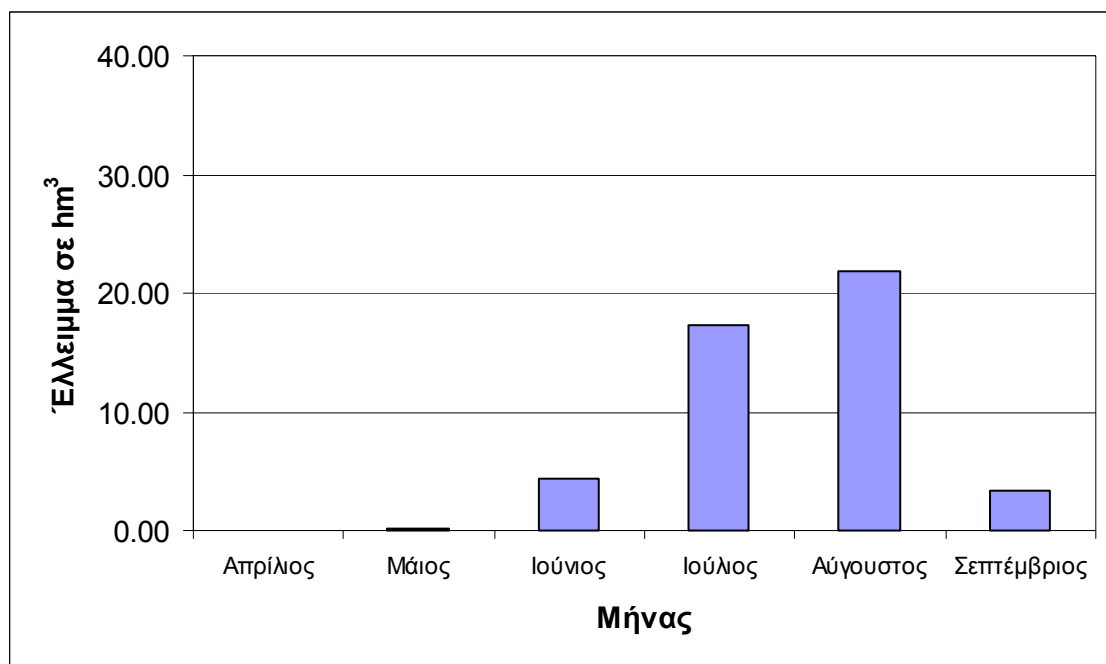
Σενάρια	Ολικό ετήσιο έλλειμμα	Σταθμισμένο έλλειμμα	Μέση ετήσια απόληψη από επιφανειακά	Μέση ετήσια απόληψη από υπόγεια νερά	Μέση ετήσια συνολική απόληψη
	hm ³	(%)	hm ³	hm ³	hm ³
Σενάριο 1	4.2	9.1	15.7	9.5	25.3
Σενάριο 2	4.3	9.2	15.7	9.5	25.2
Σενάριο 3	1.7	3.7	18.2	9.5	27.7

5.7.2.: ΜΕΣΟ ΜΗΝΙΑΙΟ ΕΛΛΕΙΜΑ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΣΕΝΑΡΙΟ**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Α: ΟΙ ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΜΕΓΙΣΤΕΣ
ΔΥΝΑΤΕΣ**

ΣΕΝΑΡΙΟ 1:

Πίνακας 5.33:

	Μέσο μηνιαίο έλλειμμα σε hm ³					
	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
I1- Πάμισος	0.00	0.00	1.02	5.79	5.22	0.00
I2- Καρδίτσα	0.00	0.08	1.72	4.28	8.06	2.61
I3- Κάμπος	0.00	0.10	1.59	4.40	6.72	0.82
I4- Σοφάδες	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I5- Ταμάσιο	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I6- Φύλλο	0.00	0.00	0.00	1.78	1.09	0.00
I7- Άρνη	0.00	0.00	0.01	0.98	0.75	0.00
Σύνολο	0.00	0.17	4.33	17.23	21.84	3.43

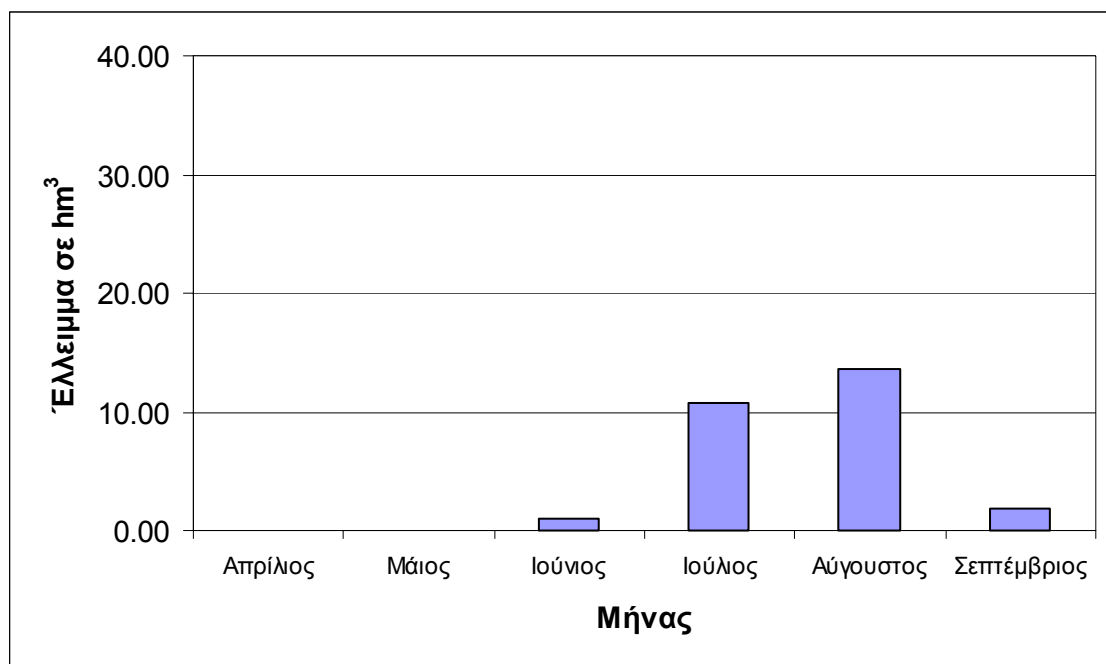


Σχήμα 5.7:

ΣΕΝΑΡΙΟ 2:

Πίνακας 5.34:

Μέσο μηνιαίο έλλειμμα σε hm ³						
	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
I1- Πάμισος	0.00	0.00	1.02	5.79	5.22	0.00
I2- Καρδίτσα	0.00	0.00	0.04	2.18	6.63	1.90
I3- Κάμπος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I4- Σοφάδες	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I5- Ταμάσιο	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I6- Φύλλο	0.00	0.00	0.00	1.78	1.09	0.00
I7- Άρνη	0.00	0.00	0.01	0.98	0.75	0.00
Σύνολο	0.00	0.00	1.06	10.73	13.69	1.90

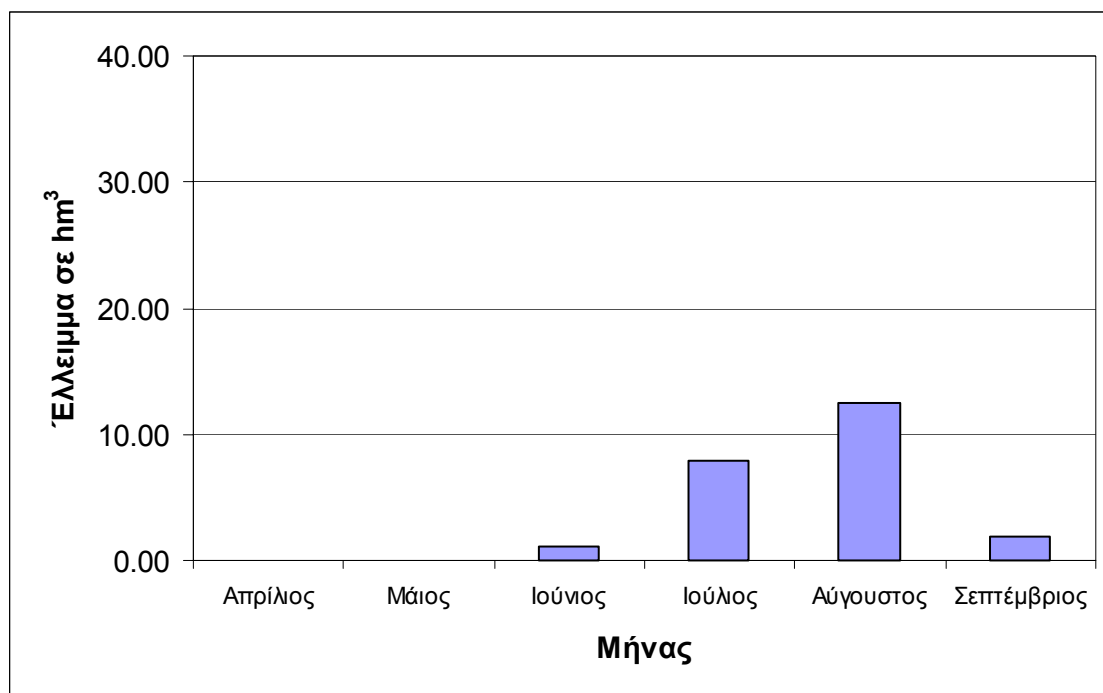


Σχήμα 5.8.

ΣΕΝΑΡΙΟ 3:

Πίνακας 5.35:

Μέσο μηνιαίο έλλειμμα σε hm ³						
	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
I1- Πάμισος	0.00	0.00	1.02	5.79	5.22	0.00
I2- Καρδίτσα	0.00	0.00	0.04	2.18	6.63	1.90
I3- Κάμπος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.03
I4- Σοφάδες	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I5- Ταμάσιο	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
I6- Φύλλο	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00
I7- Αρνη	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00
Σύνολο	0.00	0.00	1.06	7.97	12.45	1.93



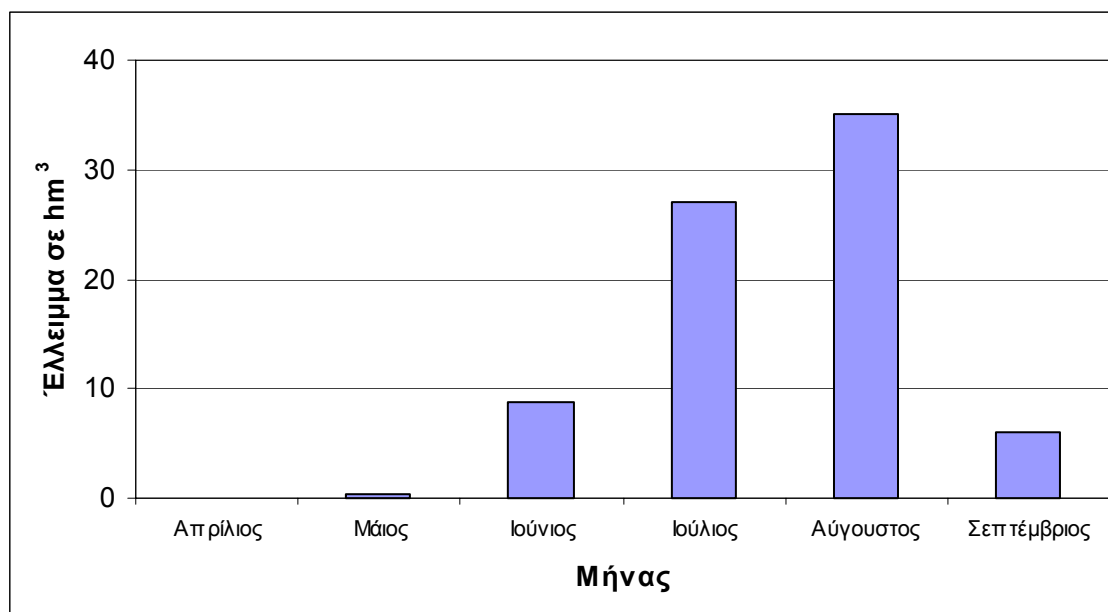
Σχήμα 5.9.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Β: ΟΙ ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΜΙΣΕΣ ΤΟΥ ΜΕΓΙΣΤΟΥ

ΣΕΝΑΡΙΟ 1:

Πίνακας 5.36:

	Μέσο μηνιαίο έλλειμμα σε hm ³					
	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
I1- Πάμισος	0.00	0.08	3.56	8.46	8.78	0.85
I2- Καρδίτσα	0.00	0.09	1.97	4.85	9.65	3.02
I3- Κάμπος	0.00	0.14	2.06	5.63	8.68	2.03
I4- Σοφάδες	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
I5- Ταμάσιο	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.03
I6- Φύλλο	0.00	0.00	0.81	6.19	5.67	0.00
I7- Άρνη	0.00	0.00	0.44	1.84	1.92	0.00
Σύνολο	0.00	0.31	8.84	26.98	35.08	5.97

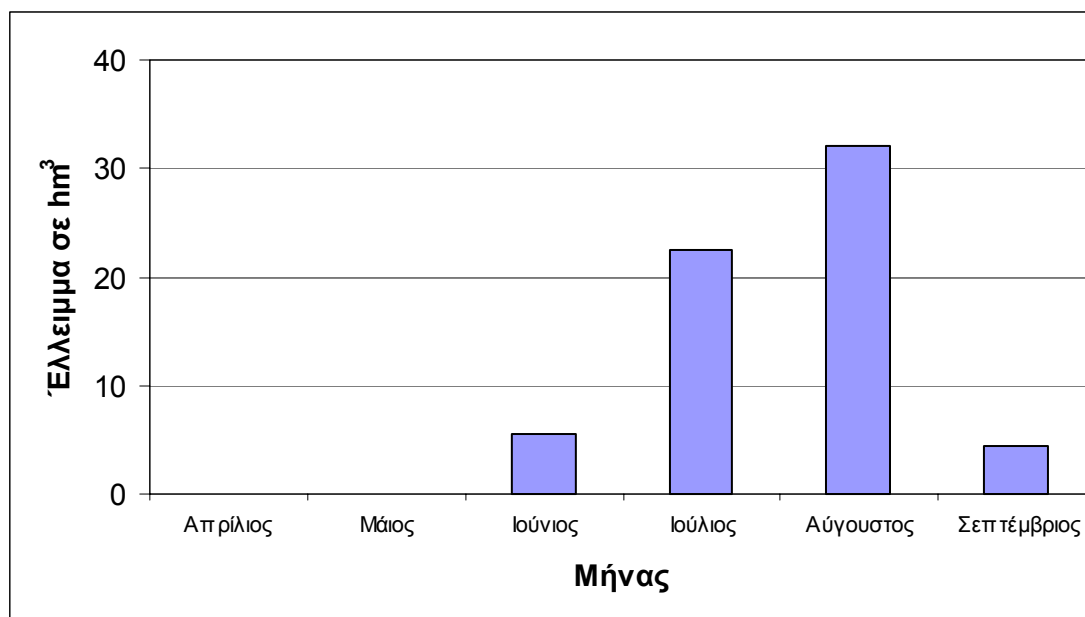


Σχήμα 5.10.

ΣΕΝΑΡΙΟ 2:

Πίνακας 5.37:

Μέσο μηνιαίο έλλειμμα σε hm ³						
	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
I1- Πάμισος	0.00	0.08	3.56	8.46	8.78	0.85
I2- Καρδίτσα	0.00	0.00	0.09	2.32	6.96	2.20
I3- Κάμπος	0.00	0.00	0.28	1.47	3.04	0.69
I4- Σοφάδες	0.00	0.00	0.00	1.23	2.36	0.31
I5- Ταμάσιο	0.00	0.00	0.27	0.92	3.09	0.32
I6- Φύλλο	0.00	0.00	0.81	6.22	5.85	0.00
I7- Άρνη	0.00	0.00	0.44	1.91	1.92	0.00
Σύνολο	0.00	0.08	5.45	22.51	32.02	4.37

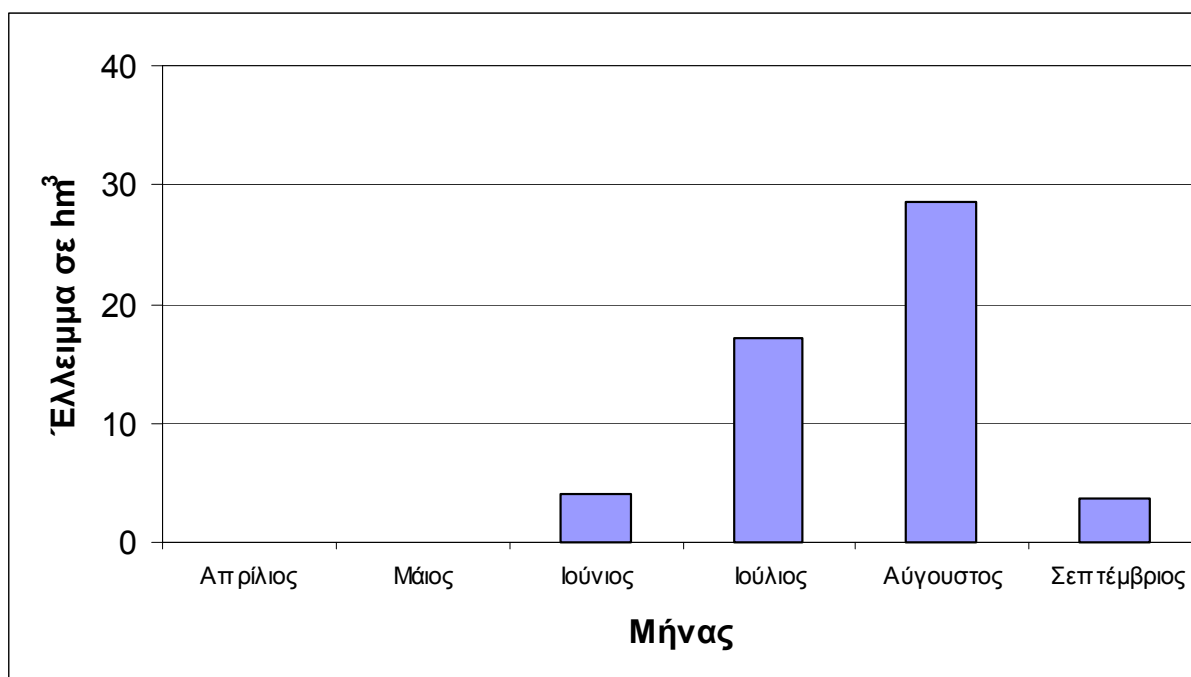


Σχήμα 5.11.

ΣΕΝΑΡΙΟ 3:

Πίνακας 5.38:

Μέσο μηνιαίο έλλειμμα σε hm ³						
	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
I1- Πάμισος	0.00	0.08	3.42	8.43	8.78	0.88
I2- Καρδίτσα	0.00	0.00	0.00	0.77	2.95	1.20
I3- Κάμπος	0.00	0.00	0.40	1.92	3.56	0.81
I4- Σοφάδες	0.00	0.00	0.00	1.44	4.80	0.35
I5- Ταμάσιο	0.00	0.00	0.28	1.54	4.31	0.36
I6- Φύλλο	0.00	0.00	0.00	2.29	3.04	0.00
I7- Άρνη	0.00	0.00	0.00	0.68	1.08	0.00
Σύνολο	0.00	0.08	4.09	17.07	28.52	3.60



Σχήμα 5.12.

Τα κυριότερα συμπεράσματα της ανάλυσης είναι τα παρακάτω:

- Η υφιστάμενη κατάσταση του υδροσυστήματος χαρακτηρίζεται ως δυσμενής με τάσεις περαιτέρω επιδείνωσης. Τα ποσοστά της αστοχίας κινούνται γύρω στο 60%, το οποίο μπορεί να χαρακτηριστεί απαράδεκτα υψηλό. Αυτό σημαίνει πως κατά μέσο όρο 3 στα 5 χρόνια προκύπτει έλλειμμα υδατικών πόρων. Το μέσο ετήσιο έλλειμμα στην περιοχή προκύπτει περίπου $300\text{hm}^3/\text{έτος}$.
- Σημαντική συνιστώσα για την περιοχή αποτελεί ο ταμιευτήρας του Σμοκόβου, ο οποίος μπορεί να βελτιώσει αισθητά την κατάσταση, χωρίς ωστόσο να οδηγήσει σε ιοριστική λύση του προβλήματος. Το γεγονός ότι μπορεί να προσφέρει μέχρι και $140\text{hm}^3/\text{έτος}$ με πολύ υψηλό επίπεδο αξιοπιστίας, της τάξης του 90%, δείχνει το σημαντικό ρόλο που παίζουν τα φράγματα στη σταθερότητα μιας περιοχής.
- Ακόμα ένα σημαντικό συμπέρασμα που βγαίνει από την παραπάνω ανάλυση είναι η μικρή σχετικά κατανάλωση υπογείων νερών (περίπου $450\text{hm}^3/\text{έτος}$). Επίσης παρατηρούμε πως αν η ορθολογική διαχείριση των υδάτων συνδυαστεί με την κατασκευή μικρών περιφερειακών φραγμάτων, η κατάσταση του

υδροφορέα μπορεί να βελτιωθεί περαιτέρω και να σταματήσει η υποβάθμιση του, τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά.

- Τέλος, εξάγεται ένα ακόμα συμπέρασμα το οποίο έχει ιδιαίτερη σημασία στην ανάγνωση των αποτελεσμάτων. Το γεγονός πως η αστοχία του συστήματος κινείται διαρκώς σε υψηλά επίπεδα παρόλη την προσθήκη του Σμοκόβου και την παρουσία του Πλαστήρα οφείλεται στο γεγονός πως το ισοζύγιο προσφοράς- ζήτησης της περιοχής είναι αρνητικό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1: Συμπεράσματα για την περιοχή της Καρδίτσας

Από την ανάλυση που έγινε προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Ο νομός Καρδίτσας αποτελεί ένα σπουδαίο τμήμα του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας το οποίο αποτελεί το κέντρο της αγροτικής οικονομίας της χώρας. Βασικό πρόβλημα της περιοχής είναι η ανεπάρκεια των υδατικών πόρων προκειμένου να ικανοποιηθούν οι αρδευτικές ανάγκες. Αν και το επιφανειακό νερό θα μπορούσε από μόνο του να καλύψει τις παραπάνω ανάγκες λόγω της ανυπαρξίας βασικών έργων υποδομής προκύπτουν σημαντικά ελλείματα κατά τους κρίσιμους αρδευτικής περιόδου. Ο ταμιευτήρας του Σμοκόβου ο οποίος λειτουργεί, έστω και πλημμελώς, δεν μπορεί από μόνος του, χωρίς να συνδυαστεί με άλλα έργα υποδομής, να λύσει το πρόβλημα. Συνέπεια όλης αυτής της παραπάνω κατάστασης είναι πως όλα αυτά τα χρόνια υπάρχει υπεράντληση των υπόγειων νερών με αποτέλεσμα τη σημαντική ταπείνωση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα αλλά και την ποιοτική υποβάθμιση των υπογείων υδάτων.
- Στη συγκεκριμένη εργασία έγινε διερεύνηση της συμπεριφοράς του υδροσυστήματος της περιοχής, βάσει ενός μοντέλου προσομοίωσης του ισοζυγίου της προσφοράς και της ζήτησης. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν η διαμόρφωση ενός ιδεατού δικτύου στο οποίο προσομοιώνονται οι βασικές λειτουργίες του υδροσυστήματος. Η κυριότερη παραδοχή ήταν η ομαδοποίηση των υδατικών αναγκών και η αναγωγή τους από επιφανειακές σε σημειακές.
- Για την προσομοίωση του υδροσυστήματος χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό MIKE BASIN. Το μαθηματικό μοντέλο είναι ιδιαίτερα απλό μιας και λειτουργεί με προσθαφαιρέσεις και με ιεράρχηση προτεραιοτήτων. Διερευνήθηκαν τρεις διατάξεις του υδροσυστήματος (ο ταμιευτήρας του Σμοκόβου να αρδεύει περιοχές μόνο στα ανατολικά του, στη συνέχεια και περιοχές που βρίσκονται βόρεια και τέλος και περιοχές που βρίσκονται στα

δυτικά του). Χρησιμοποιήθηκαν επίσης, δύο επίπεδα άντλησης των υπογείων υδάτων (υφιστάμενη κατάσταση, μείωση της παροχής των γεωτρήσεων στο μισό, προκειμένου να βελτιωθεί πιο δραστικά η κατάσταση του υπόγειου υδροφορέα).

- Συμπερασματικά, μπορεί να ειπωθεί ότι για τη βελτίωση της δυσμενούς σημερινής κατάστασης στην περιοχή της Καρδίτσας, και της Θεσσαλίας ευρύτερα, ακόμα και η εισαγωγή του ταμιευτήρα του Σμοκόβου σε συνδυασμό με τη μέγιστη απόληψη υπόγειου νερού, δεν φαίνεται να αρκούν. Κατά συνέπεια, η ορθολογικότερη διαχείριση της προσφοράς των υδατικών πόρων θα πρέπει να ενισχυθεί με βασικά έργα υποδομής, με πρώτη προτεραιότητα την κατασκευή μεγάλων φραγμάτων αλλά και έργων μεταφοράς και διανομής του νερού τόσο για να αποφευχθούν απώλειες όσο και για να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή διαχείριση των υδάτων.

6.2: Συμπεράσματα για το πρόγραμμα MIKE BASIN

Από τη χρήση του λογισμικού MIKE BASIN καταλήξαμε στα παρακάτω συμπεράσματα:

- Το σημαντικότερο θετικό του MIKE BASIN είναι η πάρα πολύ απλή λειτουργία του. Η προσομοίωση του φυσικού περιβάλλοντος αλλά και των δραστηριοτήτων που συντελούνται σε αυτό γίνεται άμεσα χωρίς καμιά απολύτως πολυπλοκότητα. Έτσι η ευκολία και η ταχύτητα στην αλλαγή των προτεραιοτήτων βοηθά το χρήστη στο να δημιουργήσει πολλά σενάρια μέσα σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα, με αποτέλεσμα να εξάγονται πιο αξιόπιστα συμπεράσματα. Η διαφοροποίηση των σεναρίων στην ουσία γίνεται με αλληπάλληλες εναλλαγές των προτεραιοτήτων και έτσι προκύπτουν τα διάφορα αποτελέσματα.
- Επίσης, μεγάλο πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός πως η πλατφόρμα που χρησιμοποιείται είναι το Arc View, το οποίο αποτελεί ένα ευρέως διαδεδομένο και απλό σύστημα γεωγραφικής πληροφορίας. Έτσι, ο

εξεικειωμένος με το Arc View χρήστης διευκολύνεται, αφού καλείται να κατανοήσει τα επιπλέον εργαλεία που προσφέρει το MIKE BASIN. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιήσει όλο το φάσμα των λειτουργιών του Arc View και να παρουσιάσει τα αποτελέσματα σε οποια μορφή επιθυμεί.

- Ωστόσο, υπάρχουν και αρκετά αρνητικά σημεία τα οποία δεν μπορεί κανείς να αγνοήσει. Καταρχήν, πρώτο μειονέκτημα του προγράμματος είναι η δυσκαμψία του στις μονάδες των δεδομένων που πρέπει να εισαχθούν. Το γεγονός πως απαιτεί δεδομένα σε συγκεκριμένες μονάδες, που πολλές φορές μάλιστα είναι μη συνηθισμένες (π.χ απορροή σε L/s/km², ζήτηση νερού σε m³/s, καμπύλες ζήτησης αδευτικού νερού σε in/day κ.α.), αναγκάζει το χρήστη να μπει σε μια χρονοβόρα διαδικασία προσαρμογής χωρίς ουσιαστικό νόημα.
- Επιπλέον, σημαντικό πρόβλημα στη λειτουργία του προγράμματος είναι η απουσία βελτιστοποίησης των αποτελεσμάτων μέσα στο ίδιο το λογισμικό. Υπάρχει βέβαια η σύνδεση με το solver του Excel, αλλά αυτό δεν μπορεί να αποτελέσει ολοκληρωμένο εργαλείο βελτιστοποίησης στα πολύπλοκα προβλήματα της διαχείρισης των υδατικών πόρων. Η παραπάνω απουσία δυνατότητας άμεσης βελτιστοποίησης αναγκάζει το χρήστη στην κατασκευή μεγάλου αριθμού σεναρίων και μετά στην μία προς μία σύγκριση των σεναρίων αυτών μεταξύ τους.
- Ένα ακόμα πρόβλημα είναι πως οι αγωγοί σύνδεσης των κόμβων τροφοδοσίας με τα σημεία ζήτησης αντιμετωπίζονται χωρίς ιδιαίτερη βαρύτητα, δηλαδή ο μόνος τρόπος με τον οποίο εισέρχονται στο σύστημα είναι μέσω ενός συντελεστή απώλειας. Δεν υπάρχει δηλαδή η ιδιότητα της παροχευτικότητας, η οποία αποτελεί σημαντική παράμετρο στο σχεδιασμό ενός αρδευτικού συστήματος.
- Τέλος, δημιουργήθηκε και ένα πρόβλημα όσον αφορά την ύπαρξη των απαραίτητων δεδομένων, κυρίως όταν υπεισέρχεται στο σύστημα μας ο υπόγειος υδροφόρος. Στη σημερινή πραγματικότητα της Ελλάδας, με την ανυπαρξία δεδομένων, είναι πολύ δύσκολο ο χρήστης να είναι σε θέση να γνωρίζει π.χ τη στάθμη του υπόγειου υδροφόρου σε κάθε

κόμβο ή την παροχτευτικότητα του κάθε ποταμού προς τον υδροφόρο ορίζοντα. Έτσι, η δυσκολία αυτή οδηγεί στη κατανάλωση πολύτιμου χρόνου μέχρι ο χρήστης να βρει λύση και να ξεπεράσει τους σκοπέλους που δημιουργούνται από τα ελλιπή υπάρχοντα δεδομένα.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Δ. Κουτσογιάννης, Α. Ευστρατιάδης, Α. Κουκουβίνος και Ν. Μαμάσης, *Διεύρυνση των δυνατοτήτων διαχείρισης και προστασίας της ποιότητας της Λίμνης Πλαστήρα, Τεύχος 2, Υδρολογική μελέτη*, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλασσιών Έργων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Μάρτιος 2002
2. Δ. Κουτσογιάννης, Α. Ευστρατιάδης, και Ν. Μαμάσης, Αποτίμηση του επιφανειακού υδατικού δυναμικού και των δυνατοτήτων εκμετάλλευσης του στη λεκάνη του Αχελώου και τη Θεσσαλία, Κεφ 5 της μελέτης υδατικών συστημάτων, *Συμπληρωματική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων εκτροπής Αχελώου προς τη Θεσσαλία*, Εργοδότης: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Υδροεξυγιαντική, Συνεργαζόμενοι: Δ. Κουτσογιάννης, 2001. [Κουτσογιάννης κ.α, 2001]
3. Α. Κουκουβίνος, και Ε. Ρόζος, Τελική Έκθεση, *Εκσυγχρονισμός του πρωτογενούς αρχείου δεδομένων επιφανειακής και υπόγειας υδρολογίας του Υπουργείου Γεωργίας στη Θεσσαλία*, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλασσιών Έργων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιανουάριος 1999
4. Π. Μαρίνος, Υδρογεωλογική μελέτη, Κεφ 7 της μελέτης υδατικών συστημάτων, *Συνολική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων της Εκτροπής Αχελώου*, Ειδική Υπηρεσία Δημοσίων Έργων Αχελώου- Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων- Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Συνεργαζόμενοι: Υδροεξυγιαντική, 150 σελίδες, Αθήνα 1995
5. MIKE BASIN HELP, DHI Water and Environment, Denmark, 2002
6. MIKE BASIN Basic Exercises, DHI Water and Environment, Denmark, 2002

7. Λ. Λαζαρίδης, Γ. Καλαούζης, Δ. Κουτσογιάννης και Π. Μαρίνος, *Βασικά τεχνικά και οικονομικά μεγέθη σχετικά με τη διαχείριση των υδατικών πόρων στη Θεσσαλία*, Υδροεξυγιαντική, Γραφείο μελετών Γ. Καλαούζη, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Πολυτεχνείο
8. Ι. Ναλμπάντης, και Δ. Κουτσογιάννης, Τελική Έκθεση, Αναβάθμιση και επικαιροποίηση της υδρολογικής πληροφορίας της Θεσσαλίας, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλασσιών Έργων- Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Μάρτιος 1997
9. Α. Πέππας, Προσομοίωση υδατικών πόρων και χρήσεων νερού στη Θεσσαλία, Διπλωματική εργασία, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλασσιών Έργων- Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Οκτώβριος 2001
10. Bjarne Spangegaard Jorgensen, Master's Thesis, A River Rehabilitation Study in Malaysia, Department of Hydrodynamics and Water Resources, Technical University of Denmark, Denmark, July 2002
11. Lene Dyrbak, Technical Report, Reservoir operation optimization, Department of Hydrodynamics and Water Resources, Technical University of Denmark, Denmark, July 2002