

**Πολυτεχνείο Κρήτης
Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος**



Διπλωματική Εργασία

Θέμα: Αειφόρος χρήση των νερών της Ιεράς Μονής της
Αγίας Κυριακής

Βουτσής Ευάγγελος

Εξεταστική επιτροπή

κ. Νικολαΐδης (επιβλέπων)
κ. Καρατζάς
κ. Λιδάκης

Χανιά 2006

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Νικολαΐδη για την βοήθεια που μου έδωσε, αλλά και για τις γνώσεις που μου παρείχε για να φέρω εις πέρας την διπλωματική μου εργασία. Χωρίς την υπομονή και την συγκαταβατικότητα του η αποπεράτωση της εργασίας αυτής θα ήταν ακόμα μετέωρη.

Επίσης θερμές ευχαριστίες οφείλω να δώσω στον κ. Καρατζά και κ. Λιδάκη που βρίσκονται στην εξεταστική επιτροπή και αφιέρωσαν χρόνο για την εργασία αυτή.

Θερμές ευχαριστίες στους καθηγητές του Πολυτεχνείου Κρήτης που μου πρόσφεραν πολλές και πολύτιμες γνώσεις.

Ευχαριστώ θερμά το προσωπικό του εργαστηρίου του κ. Νικολαΐδη, για την βοήθεια που μου έδωσε, κυρίως την Φωτεινή και την Ράνια.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου Άρη και Ελπίδα για την συμπαράσταση αλλά και την βοήθεια τους που μου την χάρισαν απλόχερα.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία σχετίζεται με την αειφόρο χρήση των νερών στην Ιερά Μονή της Αγίας Κυριακής στο Βαρύπετρο. Έγινε συλλογή στοιχείων από το πεδίο, υπολογίστηκε η βροχόπτωση, η διήθηση, η εξατμισοδιαπνοή, ενώ έγιναν μετρήσεις των παροχών των πηγών και της γεώτρησης που υπάρχει στην περιοχή. Τέλος στο εργαστήριο περιβαλλοντικής χημείας και βιοχημικών εργασιών του τμήματος φυσικών πόρων και περιβάλλοντος του ΤΕΙ Κρήτης, έγιναν οι χημικές αναλύσεις των υδάτων της περιοχής.

Στο εργαστήριο τρέξαμε το υδρολογικό μοντέλο ETD, για να εξομοιώσουμε την υδρολογία. Η περιοχή ψηφιοποιήθηκε με το GIS ενώ μέσω του ίδιου λογισμικού παρουσιάστηκαν οι χρήσεις γης. Στη συνέχεια αναλύθηκαν τα αποτελέσματα των μετρήσεων και βγήκαν ορισμένα συμπεράσματα.

Έτσι η ποσότητα του νερού, του τοπικού υδροφόρου ορίζοντα δεν επαρκεί για να καλύψει τις μελλοντικές ανάγκες του μοναστηριού, ενώ η παρούσα χημεία των υδάτων χαρακτηρίζεται επίφοβη για την υγεία, αφού παρουσιάζει υψηλές συγκεντρώσεις σε φορτία.

Προτείνεται τέλος η κατασκευή νέας γεώτρησης που θα φτάνει σε μεγαλύτερο βάθος και θα αντλεί νερό από τον κύριο υδροφόρο ορίζοντα, ώστε να μπορεί να καλύψει τις μελλοντικές ανάγκες του μοναστηριού, αλλά και δεν θα υπάρχει πρόβλημα ως προς την ποιότητα του νερού.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1ο - Εισαγωγή	7
Κεφάλαιο 2ο – Θεωρητικό Υπόβαθρο	9
2.1 Αειφορία	9
2.2 Στόχοι Πολιτικής και Επιλογές για τον Κοινοτικό Χώρο	10
2.3 “Διαχείριση” ή “σοφή χρήση” των υπόγειων νερών;	10
2.4 Ο ρόλος των υδροφόρων στη συνολική ανάπτυξη μιας περιοχής	13
2.5 Η δημιουργία υποδομής (capacity building) και η συνεχής συλλογή πρωτογενών στοιχείων (monitoring)	15
2.7 Καινοτόμα στοιχεία στην οδηγία 2000/60 –Η σημερινή Ελληνική προσέγγιση και το παλαιότερο θεσμικό πλαίσιο	17
2.8 AGENDA 21	19
2.9 Η Agenda 21 στην Ελλάδα	20
2.10 Η κατάσταση στην Ελλάδα	22
2.11 Η οργάνωση σε επίπεδο υδατικής λεκάνης	24
2.12 Το πρόγραμμα παρακολούθησης	24
2.13 Η χαλαρότητα στην εφαρμογή	25
2.14 Σύνδεση οικονομικής ανάλυσης και περιβαλλοντικών στόχων	26
Κεφάλαιο 3ο – Περιγραφή της περιοχής	32
3.1 Γεωλογία περιοχής έρευνας	32
3.2 Στρωματογραφία	32
<u>Αυτόχθονη Σειρά –Ιόνιος ζώνη</u>	32
<u>Αλλόχθονες Σειρές Τεκτονικό Κάλυμμα Ομαλού -Τρυπαλίου</u>	33
<u>Τεκτονικό Κάλυμμα Φυλλιτών –Χαλαζιτών</u>	33
<u>Τεκτονικό Κάλυμμα Ζώνης Τρίπολης</u>	33
<u>Νεογενείς Σχηματισμοί</u>	34
3.3 Υδρογεωλογία	35
3.3.1 Καρστική υδροφορία Αγυιάς.	38

3.4 Αγία Κυριακή	41
Κεφάλαιο 4° – Μεθοδολογία	47
4.1 Βροχομετρικοί σταθμοί	47
4.2 Μέτρηση παροχών	49
4.3 Πείραμα Διήθησης	50
4.3.1 Υπολογισμός διήθησης	50
4.4 Υπολογισμός Εξατμισοδιαπνοής	52
4.4.1 Penman – Monteith	52
4.4.2 Μέθοδος Thornthwaite	55
4.5 Προσομοίωση της υδρολογίας της λεκάνης απορροής της Αγίας Κυριακής	55
4.5.1 Υδρολογικό μοντέλο	60
4.6 Χημικές αναλύσεις υδάτων	61
Κεφάλαιο 5° - Αποτελέσματα	62
5.1 Βροχόπτωση	62
5.2 Παροχές	64
5.2.1 Παροχή πηγών	64
5.2.2 Παροχή γεώτρησης	67
5.2.3 Συνολικές παροχές	67
5.3 Καταναλώσεις	69
5.3.1 Παροντικές καταναλώσεις	69
5.3.2 Μελλοντικές καταναλώσεις	70
5.4 Σύνολο παροχών - καταναλώσεων	72
5.4.1 Σύγκριση κατανάλωσης με τις παροχές των πηγών	73
5.5 υπολογισμός διήθησης	75
5.6 Υπολογισμός Εξατμισοδιαπνοής	78
5.7 Αποτελέσματα υδρολογικού μοντέλου	78
5.8 Χημικές αναλύσεις υδάτων	81
5.9 Σύγκριση αναλύσεων με τα όρια ποιότητας νερών που ισχύουν	81
Κεφάλαιο 6° - Συμπεράσματα - Προτάσεις	84
6.1 Συμπεράσματα	84

6.2 Προτάσεις	85
Βιβλιογραφία	86
Παράρτημα Ι.....	89

Κεφάλαιο 1ο - Εισαγωγή

Ο όρος αειφορία, είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται ευρέως τα τελευταία χρόνια, αλλά ταυτόχρονα είναι δύσκολη η εννοιολογική προσέγγιση του. Για τον λόγο αυτό η Ευρωπαϊκή Ένωση εισήγαγε έναν όρο για την αειφόρο διαχείριση και τον ορίζει ως εξής: « Η ανθρωπότητα έχει την δυνατότητα να κάνει αειφόρο διαχείριση - για την ικανοποίηση των αναγκών της σημερινής γενιάς χωρίς να τις στερεί από τις μελλοντικές γενεές». Γίνεται εύκολα κατανοητό, πόσο σημαντική είναι η αειφόρος διαχείριση των υδάτων στον σημερινό κόσμο, αφού το νερό είναι ένα πολύτιμο αγαθό που οφείλουμε να το προστατεύσουμε.

Προς αυτή την κατεύθυνση, το μοναστήρι της Αγίας Κυριακής προσπαθεί να πραγματοποιήσει μία αειφόρο διαχείριση των υδάτων στη λεκάνη απορροής της περιοχής. Το μοναστήρι της Αγίας Κυριακής είναι ένα μοναστήρι με πλούσια παράδοση, όπου τα τελευταία χρόνια γίνεται μία προσπάθεια ριζικής ανάπλασης του, υπό την αιγίδα της Μονής Χρυσοπηγής. Βρίσκεται 14 χιλιόμετρα δυτικά από την πόλη των Χανίων, στην περιοχή Βαρύπετρο. Καταλαμβάνει έκταση περίπου 3,6 στρεμμάτων. Η Ιερή αυτή Μονή έχει κατορθώσει να δημιουργήσει ένα οικολογικό τρόπο ζωής, σε όλους τους τομείς του μοναστηριού. Έτσι εκτός από τις βιολογικές καλλιέργειες, ακολουθείται η πολιτική του zero emissions, δηλαδή της μηδενικής επιβάρυνσης του περιβάλλοντος, για αυτό το λόγο γίνεται και μία μορφή κομποστοποίησης στα απορρίμματα των μοναχών. Για να ολοκληρωθεί το όλο πρόγραμμα της οικολογικής διαχείρισης του περιβάλλοντος, πρέπει να γίνει μία έρευνα ώστε να διαπιστωθεί κατά πόσο μπορεί να επιτευχθεί η αειφόρος διαχείριση των υδάτων της λεκάνης απορροής στην οποία βρίσκεται το μοναστήρι.

Το μοναστήρι αντιμετωπίζει πρόβλημα ύδρευσης κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, αφού τροφοδοτείται αποκλειστικά από την γεώτρηση που έχει εγκατασταθεί στην περιοχή για αυτόν τον σκοπό. Το υδρολογικό ισοζύγιο και η διαχείριση των υδατικών πόρων της περιοχής είναι θέματα

σημαντικά, αφού το μοναστήρι τροφοδοτείται με νερό από την λεκάνη απορροής στην οποία ανήκει.

Η παρούσα εργασία έχει σαν σκοπό τη μελέτη του υδατικού ισοζυγίου, τη διαχείριση του υπάρχοντος υδατικού δυναμικού και την αειφόρο ανάπτυξη στην περιοχή της Αγίας Κυριακής στον νομό Χανίων .

Κεφάλαιο 2^ο – Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1 Αειφορία

Σε παγκόσμια κλίμακα, η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση νερού, σε συνδυασμό με τα περιορισμένα υδατικά αποθέματα και την ακανόνιστη χωροχρονική κατανομή τους, οδηγούν αναπόφευκτα σε οξύτατα προβλήματα με γενικότερες κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις. Ταυτόχρονα, η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού από τις ανθρώπινες δραστηριότητες επιτείνει συνεχώς τα προβλήματα αυτά. Στην Ελλάδα ο σχεδιασμός και η διαχείριση έργων και δράσεων για την ανάπτυξη και προστασία των χερσαίων και θαλάσσιων υδάτων αποτελεί μια από τις πρώτες αναπτυξιακές προτεραιότητες σε εθνικό επίπεδο. Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχή αντιμετώπιση των προβλημάτων που διαρκώς επιτείνονται, στην Ελλάδα και διεθνώς, είναι η κατάρτιση εξειδικευμένων στελεχών και η περαιτέρω ανάπτυξη της έρευνας στα συναφή επιστημονικά επίπεδα.

Η αειφόρος ανάπτυξη των υδατικών πόρων αποτελεί την έμμεση ενεργοποίηση προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν μελλοντικά τα προβλήματα έλλειψης νερού. Το γεγονός ότι ο όρος 'αειφορία' σημαίνει διαφορετικά πράγματα σε κάθε άνθρωπο προκαλεί προβληματισμό για το μέλλον. Η παγκόσμια επιτροπή για το περιβάλλον και την ανάπτυξη έδωσε τον πιο αποδεκτό ορισμό για την αειφόρο ανάπτυξη: « Η ανθρωπότητα έχει την δυνατότητα να κάνει αειφόρο ανάπτυξη - για την ικανοποίηση των αναγκών της σημερινής γενιάς χωρίς να τις στερεί από τις μελλοντικές γενεές». Η προοπτική της αειφόρου ανάπτυξης συνεπάγεται όχι ακριβή όρια αλλά περιορισμούς που καθορίζονται με βάση τις τωρινές προδιαγραφές των τεχνολογικών και κοινωνικών οργανισμών που αφορούν τους περιβαλλοντικούς πόρους και την ικανότητα της βιόσφαιρας να επουλώσει τις επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Η αειφόρος ανάπτυξη σήμερα είναι βασική προϋπόθεση για τον σχεδιασμό της διαχείρισης της ποιότητας του νερού. Είναι αξιοσημείωτο ότι τις δυο προηγούμενες δεκαετίες είχε γίνει περισσότερη πρόοδος σε θέματα

διαχείρισης υδάτινων αποθεμάτων σε διαφορετικές περιοχές ανά τον κόσμο. Πάρα την πρόοδο που επιτεύχθηκε, είναι φανερό ότι ακόμη υπάρχουν αρκετά θέματα προς βελτίωση, ιδίως στις αναπτυσσόμενες χώρες. Λέγεται ότι το νερό, όπως και η ενέργεια, θα γίνει ένα από τα νευραλγικά θέματα στα περισσότερα μέρη του κόσμου από τα πρώτα μισά του 21^{ου} αιώνα (Καλλέργης, 2002).

2.2 Στόχοι Πολιτικής και Επιλογές για τον Κοινοτικό Χώρο

Το νερό αποτελεί πολύτιμο πόρο για τα νοικοκυριά, τη γεωργία, τη φύση, τη βιομηχανία, την αναψυχή, την ενέργεια και τις μεταφορές. Στην Ευρώπη, η αφθονία του θεωρείται δεδομένη. Εντούτοις, στο μέλλον ενδέχεται να αυξηθούν οι δυσκολίες όσον αφορά την υδροδότηση τόσο από ποσοτική όσο και από ποιοτική άποψη. Η συνεχής ρύπανση, η υπερβολική χρήση, και η κακή διαχείριση υποβάθμισαν την ποιότητα του πόρου σε επίπεδα η σοβαρότητα των οποίων κυμαίνεται από περιοχή σε περιοχή. Δεδομένου ότι τα υδάτινα ρεύματα δεν γνωρίζουν σύνορα, συχνά τα προβλήματα έχουν διακρατικό χαρακτήρα. Συνεπώς, υπάρχει ανάγκη για συνεργασία στο χώρο της διαχείρισης των υδατικών πόρων μεγάλων λεκανών απορροής για θέματα ελέγχου των πλημμύρων ή της ξηρασίας και για την προστασία των υπογείων υδάτων και των υδροβιοτόπων (Καλλέργης, 2002).

2.3 "Διαχείριση" ή "σοφή χρήση" των υπόγειων νερών;

Ο όρος "Διαχείριση", όταν αναφέρεται στους υδατικούς πόρους, κατά κανόνα συνοδεύεται από επιθετικούς προσδιορισμούς του τύπου "ορθολογική", "βέλτιστη", "αιεφόρος" κ.λ.π. ανάλογα με τον "Διαχειριστή" και την χρονική περίοδο, δηλαδή ανάλογα με το κριτήριο που δεσπόζει κατά τη διαχείριση.

Από τους υδατικούς πόρους οι επιφανειακοί είναι απολύτως διακριτοί, μια και συγκεντρώνονται στις λεκάνες απορροής. Τα όριά τους είναι τοπογραφικά και μπορούν να χαραχτούν με τη βοήθεια τοπογραφικών χαρτών. Το νερό ρέει προς την κατεύθυνση που κλίνει τοπογραφικά η μορφολογία.

Από την άλλη μεριά, οι υπόγειοι υδατικοί πόροι (υδροφόροι) δεν είναι ευδιάκριτοι και συχνά ούτε διακριτοί ανάμεσά τους. Τα όρια των υδροφόρων είναι φυσικά και όχι τοπογραφικά. Σε δοσμένο σημείο μπορεί να υπόκεινται της επιφάνειας του εδάφους περισσότεροι υδροφόροι. Κάθε ένας υδροφόρος μπορεί να έχει διαφορετικά χημικά και υδραυλικά χαρακτηριστικά, να έχει διαφορετική πηγή ή περιοχή εμπλουτισμού και διαφορετική περιοχή εκφόρτισης. Επιπλέον, οι υπόγειοι υδροκρίτες δεν συμπίπτουν κατά κανόνα με τους επιφανειακούς υδροκρίτες.

Κάτω από φυσικές συνθήκες, ένα υδροφόρο σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση δυναμικής ισορροπίας. Ένας μεταβλητός όγκος νερού εμπλουτίζει τον υδροφόρο και ένας ομοίως μεταβλητός όγκος νερού εκφορτίζεται από το υδροφόρο σύστημα. Ο ρυθμός εμπλουτισμού καθορίζεται από το ποσό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που δε χάνονται με την εξατμισοδιαπνοή, και την απορροή (ελεύθεροι υδροφόροι), την κατακόρυφη υδροπερατότητα και τις λιθοφάσεις της κεκόμενης ζώνης και τέλος από τη μεταβατικότητα και την πιεζομετρία στο υδροφόρο σύστημα.

Η "σοφή χρήση" των υπόγειων νερών βασίζεται σε τέσσερις γενικές αρχές:

1. Στην ανάπτυξη τεχνολογίας η οποία θα βελτιώσει την αποθηκευτική ικανότητα των υδροφόρων συστημάτων,
2. στην προστασία της ποιότητας του υπόγειου νερού,
3. στην αύξηση της ποσότητας του υπόγειου νερού,
4. στη χρησιμοποίηση των υπόγειων υδατικών πόρων για την ιεραρχική κάλυψη των αναγκών της κοινωνίας που έχουν την υψηλότερη προτεραιότητα.

Η πρώτη από τις πιο πάνω αρχές αναφέρεται στη μεγιστοποίηση της "ασφαλούς απόδοσης" (safe yield) σε μακροχρόνια κλίμακα. Η δημιουργία

μόνιμου ελλείμματος λόγω υπεράντλησης δεν μπορεί να υποκατασταθεί και φυσικά ούτε να αποκατασταθεί από το πρόσκαιρο οικονομικό όφελος. Το έλλειμμα οδηγεί στην εξάντληση των υδατικών πόρων και στην αύξηση μελλοντικά του κόστους της κάλυψης των αναγκών σε νερό που θα κληθούν να αντιμετωπίσουν, ως μη έδει, οι μελλοντικές γενιές. Η συνδυασμένη χρήση επιφανειακών και υπόγειων νερών, η ανακύκλωση - επαναχρησιμοποίηση και ο τεχνητός εμπλουτισμός αποτελούν τις βασικές τεχνικές ικανοποίησης της πρώτης αρχής.

Η δεύτερη αρχή αποβλέπει στην ελαχιστοποίηση των δυσμενών επιπτώσεων των διαφόρων δραστηριοτήτων του ανθρώπου πάνω στην ποιότητα του υπόγειου νερού, όπως είναι η υπεράντληση, ιδιαίτερα των παράκτιων υδροφόρων, η ανόρυξη γεωτρήσεων βάθους μεγαλύτερου από το υδρογεωλογικά επιτρεπτό, η χρησιμοποίηση λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και βελτιωτικών του εδάφους και η διάθεση στο έδαφος και το υπέδαφος στερεών και υγρών αποβλήτων.

Τέλος, η τρίτη αρχή προϋποθέτει την ανάπτυξη κριτηρίων προτεραιοτήτων για τη μελλοντική χρήση του υπόγειου νερού, δοθέντος ότι οι περίοδοι ξηρασίας σε συνδυασμό με τη συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση νερού από τη γεωργία, τη βιομηχανία και την ύδρευση, συνιστούν σημαντικά προβλήματα της "σοφής χρήσης". Από την άλλη μεριά η χρησιμοποίηση κριτηρίων προτεραιότητας οδηγεί στον περιορισμό του διατιθέμενου στη γεωργία νερού υπέρ του διατιθέμενου στην ύδρευση, γεγονός που έχει δυσμενείς οικονομικές επιπτώσεις (Καλλέργης, 2002).

Η σωστή διαχείριση των υδάτων του υδροφόρου ορίζοντα στην Αγία Κυριακή είναι πολύ σημαντική αφού το μοναστήρι καλύπτει τις ανάγκες του από γεώτρηση που έχει εγκατασταθεί στην περιοχή και αντλεί νερό από τα υπόγεια ύδατα, και δεν τροφοδοτείται από το κεντρικό δίκτυο της Ε.Υ.Δ.Α.Π.

2.4 Ο ρόλος των υπόγειων υδροφορέων στη συνολική ανάπτυξη μιας περιοχής

Οι υδροφόροι μπορεί να παίξουν πολλούς “ρόλους” στη συνολική ανάπτυξη των υδατικών πόρων μιας περιοχής. Οι πιο προφανείς “ρόλοι” ή καλύτερα “λειτουργίες” των υδροφόρων συστημάτων είναι:

- Η λειτουργία τροφοδοσίας των έργων απόληψης (supply function),
- Η λειτουργία διοχέτευσης (ripping function) νερού από μια περιοχή σε μια άλλη.
- Η λειτουργία εξόρυξης (μεταλλείας) νερού (mining function) στην περίπτωση που η απόληψη ξεπερνά την αναπλήρωση, που οδηγεί όμως στην εξάντληση του υδροφόρου.
- Η λειτουργία του συστήματος επεξεργασίας (filter plant function) μεταχειρισμένων νερών στην ακόρεστη φυσικά ζώνη.
- Η λειτουργία παραγωγής ενέργειας (energy-source function) με την κατασκευή και εγκατάσταση των αντλιών θερμότητας που αξιοποιούν τη θερμική ενέργεια του υδροφόρου.
- Η λειτουργία αποθήκευσης νερού (storage function) με την υπόγεια αποθήκευση της περίσσειας νερού (χειμερινής, υγρών περιόδων, πλημμυρικών απορροών αλλά και επεξεργασμένων λυμάτων).

Έτσι, επινοήθηκε το “παράδοξο” της έννοιας της “ασφαλούς απόδοσης” (safe yield) που κατ’ αρχή διατυπώθηκε ως “η ποσότητα του νερού που μπορεί να αντληθεί” κανονικά και μόνιμα χωρίς επικίνδυνη εξάντληση των αποθηκευμένων αποθεμάτων”. Αργότερα στον όρο προστέθηκαν οικονομικά κριτήρια της ανάπτυξης των υπόγειων νερών, προστασίας της ποιότητας του αποθηκευμένου νερού και προστασίας των υφιστάμενων έννομων συμφερόντων και του περιβάλλοντος από ενδεχόμενη υποβάθμιση. Διάφορα συνώνυμα της “ασφαλούς απόδοσης” εμφανίζονται αργότερα, όπως “δυναμικό αειφόρου απόδοσης”, “επιτρεπόμενη αειφόρος απόδοση” και “μέγιστη απόδοση της λεκάνης” (Καλλέργης, 2002).

Η έννοια όμως των απολήψεων υπόγειου νερού που προκαλούν βλάβη στο περιβάλλον απαιτεί περαιτέρω διευκρίνιση. Η υπεράντληση υδροφόρων μπορεί να οδηγήσει στη μείωση της επιφανειακής απορροής και την ξήρανση υγρότοπων ή ανεπιθύμητη πτώση της στάθμης λιμνών. Δοθέντος ότι οι λίμνες και οι υγρότοποι είναι ευαίσθητες περιοχές, ο κίνδυνος περιβαλλοντικών βλαβών είναι υπαρκτός. Η άντληση υπόγειου νερού μπορεί επίσης να οδηγήσει στη δημιουργία καθιζήσεων με αποτέλεσμα την πρόκληση βλαβών σε κατασκευές, οδικό δίκτυο, αγωγούς, φράγματα και σήραγγες. Η υπεράντληση παράκτιων υδροφόρων μπορεί να οδηγήσει στη μόλυνσή τους από τη διείσδυση της θάλασσας. Έτσι υπό τη γενική έννοια, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις περιλαμβάνουν οικολογικές, οικονομικές, κοινωνικές, πολιτισμικές και πολιτικές συνιστώσες.

Πέρα όμως από τις αμφισβητήσεις του όρου λόγω της αοριστίας του ή της αοριστίας των “ανεπιθύμητων επιπτώσεων”, ο κυριότερος λόγος που προτείνεται η μη χρησιμοποίησή του είναι ότι δε λαμβάνει υπόψη του την αλληλεξάρτηση υπόγειου - επιφανειακού νερού που μπορεί να οδηγήσει στον αποκλεισμό της ανάπτυξης της “λειτουργίας αποθήκευσης” (τεχνητός εμπλουτισμός) ενός υδροφόρου συστήματος.

Τα μεγαλύτερα προβλήματα στη διαχείριση των υδατικών πόρων είναι:

- η έλλειψη συνδυασμένης ανάπτυξης και χρήσης τόσο των επιφανειακών όσο και υπόγειων νερών,
- η αδυναμία αξιόπιστης ποσοτικοποίησης από πλευράς των υδρογεωλογιών της έννοιας της “ασφαλούς” ή “αιφόρου” απόδοσης ενός υδροφόρου συστήματος, οποιοδήποτε κι αν είναι το περιεχόμενό της, μια και δεν είναι μετρήσιμες πάντα όλες οι παράμετροι της πιο πάνω απόδοσης και η αδυναμία των διαχειριστών συνήθως μηχανικών να κατανοήσουν το πρόβλημα,
- η μη αποτελεσματική εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού αλλά και κυκλικής αποθήκευσης/χρήσης της περίσσειας (πλημμυρικών) απορροών,
- μη συνδυασμός της χρήσης φυσικού νερού με αναγεννημένα ή αφαλατωμένα ή ακόμη και υφάλμυρα νερά. (Καλλέργης, 2002)

2.5 Η δημιουργία υποδομής (*capacity building*) και η συνεχής συλλογή πρωτογενών στοιχείων (*monitoring*)

Όπως υποστηρίζει ο Καλλέργης (2002) κλειδί για την αειφόρο ανάπτυξη του υδατικού τομέα αποτελεί η δημιουργία κατάλληλης υποδομής (Capacity Building) τουτέστιν μεταξύ των άλλων:

- δημιουργία κατάλληλου θεσμικού περιβάλλοντος
- ανάπτυξη κατάλληλης εργαστηριακής υποδομής με εξασφάλιση της αποδοχής των κοινωνικών φορέων και τη συμμετοχή των εξειδικευμένων ακαδημαϊκών μονάδων
- ανάπτυξη εξειδικευμένων ανθρώπινων πόρων και ενίσχυση των συστημάτων επιχειρησιακής διαχείρισης

Δοθέντος ότι οι υπόγειοι υδατικοί πόροι είναι πεπερασμένοι, τρωτοί σε εξωτερική ρύπανση, ανομοιόμορφα κατανεμημένοι χωροχρονικά, ασυνεχώς ανανεούμενοι, στενά εξαρτώμενοι από ακραίες συχνά μεταβολές του υδρολογικού καθεστώτος αλλά και απολύτως απαραίτητοι για την συντήρηση της ζωής, της ανάπτυξης και του περιβάλλοντος, ο στρατηγικός σχεδιασμός της “σοφής χρήσης” τους απαιτεί:

- συνδιαχείρισή τους με τα επιφανειακά νερά
- ακριβή και αδιάκοπη γνώση των παραμέτρων εκείνων που έχουν άμεση σχέση με την χωροχρονική κατανομή της ποσότητας και της ποιότητας των υπόγειων νερών μέσα από την συνεχή συλλογή πρωτογενών στοιχείων (*monitoring*)
- χωρική κατανομή των μονάδων που διαθέτουν υψηλού επιπέδου τεχνογνωσία και θα καλύπτουν όλες τις συνιστώσες της συνδιαχείρισης του συνόλου των υδατικών πόρων (δημιουργία κατάλληλου δικτύου ακαδημαϊκών και άλλων εξειδικευμένων εργαστηρίων).

2.6 Η οδηγία 2000/60/EC και η εναρμόνιση της Ελληνικής νομοθεσίας

Η Οδηγία για τη Διαχείριση των Υδάτων (Οδηγία 2000/60/EC) εκδόθηκε στις 23 Οκτωβρίου 2000 ως αποτέλεσμα της διαπιστωμένης ανάγκης για σφαιρική αντιμετώπιση της πολιτικής του νερού στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η συγκεκριμένη Οδηγία παρουσιάζει πολλά κοινά σημεία με τα συστήματα διαχείρισης των υδατικών πόρων που εφαρμόζονται σήμερα στις ΗΠΑ, την Αυστραλία, τη Νέα Ζηλανδία καθώς και μεγάλα τμήματα της Αφρικής και της Ασίας. Οι βασικοί στόχοι της Οδηγίας είναι:

- προστασία και αναβάθμιση των υδατικών οικοσυστημάτων και των υδροβιότοπων καθώς και των χερσαίων οικοσυστημάτων σε σχέση με τις ανάγκες τους σε νερό
- προώθηση της βιώσιμης διαχείρισης του ύδατος μέσω μακροπρόθεσμης προστασίας των διαθέσιμων πόρων
- βελτίωση του υδάτινου περιβάλλοντος μέσω κατάλληλων μέτρων ελέγχου
- σταδιακή μείωση της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων
- αντιμετώπιση των επιπτώσεων πλημμύρων και ξηρασιών

Η εφαρμογή της Οδηγίας προγραμματίζεται να ολοκληρωθεί σε 15 έτη (2015). Ωστόσο τα πρώτα τέσσερα χρόνια (μέχρι το 2004) αποτέλεσαν μια καθοριστική περίοδο καθώς στο διάστημα αυτό θα έπρεπε να έχουν ολοκληρωθεί μια σειρά δράσεων, όπως η εναρμόνιση της σχετικής ελληνικής νομοθεσίας με την Οδηγία. ο καθορισμός φορέων διαχείρισης, ο προσδιορισμός υδρολογικών περιφερειών με αναφορά στις περιβαλλοντικές πιέσεις, ο προσδιορισμός πολιτικής τιμολόγησης του ύδατος, ο καθορισμός ποιοτικών στόχων για το υδάτινο περιβάλλον, κ.α.

Η ευρωπαϊκή οδηγία-πλαίσιο 2000/60 εκφράζει με τον πληρέστερο μέχρι σήμερα τρόπο τις σύγχρονες αρχές για τη διατήρηση των φυσικών πόρων.

Το πρόβλημα της προστασίας και διαχείρισης των υδατικών πόρων της Ελλάδας είναι πολυσύνθετο και ρυθμίζεται από ένα πλέγμα εθνικής και κοινοτικής νομοθεσίας. Η εφαρμογή της οδηγίας στην Ελλάδα δεν είναι εφικτή χωρίς μεγάλο οικονομικό και πολιτικό κόστος και ριζική αλλαγή νοοτροπίας, ενώ θα χρειαστεί μεγάλα χρονικά περιθώρια. Οι κυριότερες δυσκολίες σχετίζονται με τη θεώρηση του νερού ως δημόσιο οικολογικό αγαθό, την ανάγκη συνεκτικής πολιτικής και αναβάθμισης της οικολογικής ποιότητας, την ανάκτηση κόστους του νερού, τη διαχείριση σε επίπεδο υδατικής λεκάνης, το πρόγραμμα παρακολούθησης και τη χαλαρότητα στην εφαρμογή. . («2000/60/EU Οδηγία πλαίσιο για τα νερά»)

2.7 Καινοτόμα στοιχεία στην οδηγία 2000/60 –Η σημερινή Ελληνική προσέγγιση και το παλαιότερο θεσμικό πλαίσιο

Όπως σημειώθηκε παραπάνω, σε ευρωπαϊκό επίπεδο στη συνέχεια μιας σειράς Οδηγιών που αφορούσαν κυρίως στα θέματα ποιότητας των υδάτων, με την Οδηγία Πλαίσιο 2000/60 τίθενται οι βάσεις, από θεσμική άποψη, για την ολοκληρωμένη διαχείριση των υδάτων ως προς την ποσότητα και την ποιότητα με κύρια στοιχεία:

- Τον προσδιορισμό σε κάθε Κράτος – Μέλος ενοτήτων διαχείρισης των υδάτων (διαμερισμάτων λεκανών απορροής) με βάση υδρολογικά και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά
- Τη θέσπιση περιβαλλοντικών στόχων που βασίζονται στον καθορισμό συνθηκών αναφοράς καλής οικολογικής κατάστασης στην οποία πρέπει με κατάλληλα μέτρα να διατηρηθεί ή να επανέλθει η ποιότητα των υδάτων με παράλληλη συστηματική παρακολούθηση της ποιότητας αυτής
- Την υιοθέτηση πολιτικής τιμολόγησης της χρήσης του νερού, ενσωματώνοντας το περιβαλλοντικό κόστος λαμβάνοντας υπόψη και κοινωνικά δεδομένα

- Την υιοθέτηση διαδικασιών δημόσιας διαβούλευσης και κοινωνικής συμμετοχής στη φάση διαμόρφωσης των σχεδίων διαχείρισης των υδάτων

Η καταρχήν μεταφορά των απαιτήσεων της Οδηγίας 2000/60 στο εθνικό νομικό πλαίσιο γίνεται με τον Ν. 3199/03 (ΦΕΚ 280/Α/9-12-2003) με τον οποίο πραγματοποιούνται ορισμένα σημαντικά βήματα.

Ο Ν. 3199/03 αντικαθιστά σταδιακά τον προηγούμενο Ν.1739/87, ο οποίος προέβλεπε τη θεσμοθέτηση διαδικασιών και οργάνων για τη διαχείριση των υδατικών πόρων, τον προγραμματισμό της ανάπτυξης των υδατικών πόρων και τη διαμόρφωση ισοζυγίου προσφοράς και ζήτησης νερού, χωρίς ωστόσο να προχωρήσει τελικά η πλήρης εφαρμογή του. Ο παλαιότερος νόμος ανέφερε επίσης τη δημιουργία κεντρικού αρχείου υδρολογικών δεδομένων καθώς και τον καθορισμό ανώτατων και κατώτατων ορίων κατά χρήση των αναγκαίων ποσοτήτων και της κατάλληλης ποιότητας για ορθολογική χρήση του νερού.

Σχετικά με τον νόμο 2199/03 θα πρέπει να τονιστούν ορισμένα κύρια σημεία. Με το άρθρο 4 δημιουργείται Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων σε επίπεδο Ειδικής Γραμματείας στο Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Με το άρθρο 12, τίθεται σαφώς το ζήτημα της ανάκτησης κόστους των υπηρεσιών ύδατος στις διάφορες χρήσεις. Με το άρθρο 14, προβλέπονται ποινικές κυρώσεις «σε όποιον προκαλεί κυρώσεις ή υποβαθμίζει με άλλον τρόπο τα ύδατα» Ωστόσο σε πολλά κρίσιμα θέματα η νομοθετική προσέγγιση είναι ιδιαίτερα άτολμη και συντηρητική, όπως για παράδειγμα όταν σε περιφερειακό επίπεδο οι δομές διαχείρισης προβλέπεται να είναι υπηρεσίες στο πλαίσιο των υπάρχουσών διοικητικών Περιφερειών της χώρας, αγνοώντας τα υδρολογικά χαρακτηριστικά αλλά και τις σύγχρονες επιστημονικές και κοινωνικοπολιτικές προσεγγίσεις της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδάτων και όντας σε σημαντική και κρίσιμη απόκλιση και από την ίδια την ουσία της οδηγίας στο σημείο αυτό.

Επίσης: Ο Νόμος ιδρύει την Εθνική Επιτροπή Υδάτων (άρθρο 3), η οποία «....χαράσσει την πολιτική για την προστασία και διαχείριση των υδάτων, παρακολουθεί και ελέγχει την εφαρμογή της και εγκρίνει.....τα εθνικά προγράμματα προστασίας και διαχείρισης του υδατικού δυναμικού της

χώρας.....» και θέτει ως «προτεραιότητα» στην χρήση των υδάτων την «ύδρευση» (άρθρο 10). Με το άρθρο 15, προβλέπει Προεδρικό Διάταγμα που θα ενσωματώσει στο εθνικό δίκτυο όλα τα παραρτήματα της Οδηγίας 2000/60 και θα εξειδικεύει το περιεχόμενο των Σχεδίων Διαχείρισης των λεκανών απορροής ποταμών. Το ίδιο Προεδρικό Διάταγμα οφείλει να διευκρινίζει επιπλέον βασικούς όρους όπως «οικολογική κατάσταση», «καλή οικολογική κατάσταση» και «καλό οικολογικό δυναμικό» Θα πρέπει επίσης να τονιστεί ότι όλα τα μεθοδολογικά και διαδικαστικά δυσεπίλυτα ζητήματα όπως το πως καταρτίζονται τα Προγράμματα Μέτρων και Παρακολούθησης (άρθρο 8) ή τα Προγράμματα Ειδικών Μέτρων κατά της ρύπανσης (άρθρο 9) παραπέμπονται επίσης σε ένα μελλοντικό Προεδρικό Διάταγμα. Φαίνεται λοιπόν ότι ο νέος αυτός Νόμος αποπειράται να αντιμετωπίσει διοικητικά κυρίως ζητήματα της διαχείρισης των υδατικών πόρων και αποφεύγει τις μεθοδολογικές προσεγγίσεις.

Τέλος, με το άρθρο 2 μεταφέρει μεν τους ορισμούς της Οδηγίας 2000/60 στην ελληνική νομοθεσία, δεν τους χρησιμοποιεί ωστόσο στη συνέχεια του κειμένου (Λουκάτος και συνεργάτες, 2002).

2.8 AGENDA 21

Η Agenda 21 είναι ένα περιεκτικό σχέδιο δράσης που χρησιμοποιείται παγκόσμια εθνικά και τοπικά από τα Ηνωμένα Έθνη, Κυβερνήσεις και σημαντικές ομάδες σε κάθε περιοχή που υπάρχει ανθρώπινη επίδραση στο περιβάλλον.

Η Επιτροπή Αειφόρου Ανάπτυξης σχηματίστηκε για να ελέγξει και να εκθέσει στην υλοποίηση των συμφωνιών σε τοπικά, εθνικά, περιφερειακά, και διεθνή επίπεδα. Συμφωνήθηκε ότι μια πενταετή επιθεώρηση μιας Συνόδου Κορυφής για τη γη, θα λάμβανε μέρος το 1997 από τη Γενική Συνέλευση Ηνωμένων Εθνών (Τσούτσος, 2000).

2.9 Η Agenda 21 στην Ελλάδα

Από τη Διάσκεψη Κορυφής το 1992, η Ελλάδα εφαρμόζει μια ολοκληρωμένη πολιτική για την βιώσιμη ανάπτυξη. Η έννοια της "αειφορίας" εισάγεται στις αναπτυξιακές πολιτικές της χώρας και οι βιώσιμες πρακτικές ενσωματώνονται σε τομείς όπως η ενέργεια, ο τουρισμός, οι μεταφορές και η γεωργία.

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων έχει αναπτύξει ένα συντονιστικό μηχανισμό για τη βιώσιμη ανάπτυξη και την εφαρμογή της Agenda 21, με σκοπό να ενεργοποιήσει το ενδιαφέρον και τη συμμετοχή όλων των αρμόδιων Υπουργείων και άλλων φορέων, και επίσης να προάγει τη συνεργασία με όλα τα εμπλεκόμενα μέρη. Μέσω αυτού του μηχανισμού, το Υπουργείο ανέλαβε την ετοιμασία των ετήσιων εκθέσεων τις οποίες υπέβαλλε στην Επιτροπή για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη των Ηνωμένων Εθνών (UNCSD), και οι οποίες αποσκοπούν στην εκτίμηση της προόδου των χωρών στην εφαρμογή των αρχών της Agenda 21. Οι εκθέσεις ετοιμάστηκαν με τη συνεργασία και βοήθεια πολλών συναρμόδιων Υπουργείων και άλλων φορέων. Εκθέσεις υποβλήθηκαν στην Επιτροπή για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη το 1994, 1995 και 1996 και μια γενική ανασκόπηση ετοιμάστηκε για τη Διάσκεψη Κορυφής του 1997.

Οι τομείς που εξετάζονται από το πρόγραμμα είναι οι εξής:

- Ενέργεια
- Διαχείριση αποβλήτων
- Αστικό περιβάλλον
- Μεταφορές
- Εργασία
- Υγεία
- "Πράσινη" κατανάλωση
- Εκπαίδευση
- Κηποτεχνία και καλλιέργεια
- Δημοκρατία σε τοπικό επίπεδο

Η αρχική φάση του προγράμματος περιλαμβάνει τη δημιουργία και εκπαίδευση ομάδων της τοπικής κοινότητας. Διεξάγονται κοινές συναντήσεις εργασίας, και η περιβαλλοντική κατάρτιση όλων των οργάνων της τοπικής κοινότητας γίνεται μέσω της διοργάνωσης αρκετών σεμιναρίων.

Η τελική φάση, η οποία περιλαμβάνει την εκστρατεία ενημέρωσης και διάδοσης των πληροφοριών, βρίσκεται σε εξέλιξη. Το Νοέμβριο του 1996 οργανώθηκε Εθνικό Συνέδριο, με τη συμμετοχή πολιτών, αρχών και οργανώσεων από όλη την Ελλάδα. Έχουν ξεκινήσει δράσεις για την διάδοση του προγράμματος μέσω της διανομής φυλλαδίων και εκδόσεων.

Τα αναμενόμενα αποτελέσματα του προγράμματος είναι τα εξής:

- καθιέρωση της Local Agenda 21 σε όσο το δυνατόν περισσότερους δήμους.
- μεταφορά/ανταλλαγή γνώσεων και εμπειρίας με άλλες Ευρωπαϊκές χώρες σε θέματα σχετικά με το περιβάλλον και τη βιώσιμη ανάπτυξη, μέσω κοινών δράσεων του προγράμματος
- ενδυνάμωση της συνεργασίας μεταξύ όλων των παραγόντων της κοινότητας, αφού η καθιέρωση της "Local Agenda 21" είναι μια διαδικασία που καθορίζεται από κοινού από την τοπική αυτοδιοίκηση και τους εκπροσώπους της τοπικής κοινωνίας
- ευαισθητοποίηση άλλων ελληνικών Δήμων μέσω της εκτεταμένης διάδοσης των αποτελεσμάτων (έκδοση οδηγών και ενημερωτικών φυλλαδίων, διοργάνωση διαλέξεων, κλπ.)
- καθιέρωση επικοινωνίας και στενής συνεργασίας ανάμεσα στην ελληνική τοπική αυτοδιοίκηση και στις τοπικές αυτοδιοικήσεις άλλων χωρών (αφού αυτό αποτελεί μέρος του προγράμματος συνεργασίας των δύο ελληνικών Δήμων), εθνικές ενώσεις τοπικής αυτοδιοίκησης άλλων χωρών και διεθνείς ενώσεις τοπικών πρωτοβουλιών (www.minenv.gr).

2.10 Η κατάσταση στην Ελλάδα

Η Ελλάδα, χώρα μικρή σε έκταση, με έντονα ιδιόμορφη όμως γεωμορφολογική διάρθρωση λόγω του έντονου ανάγλυφου της και το μεγάλο ανάπτυγμα ακτών, περιλαμβάνει μικρές λεκάνες απορροής που απαιτούν διαφορετική διαχειριστική πολιτική. Με το Ν. 1739/87 θεσμοθετήθηκε η διαίρεση της χώρας σε 14 υδατικά διαμερίσματα (Υπ. Αν., 1997)¹ για λόγους οργανωτικούς και διοικητικούς. η πολυδιάσπαση όμως των αρμοδιοτήτων, των σχετικών με τους υδατικούς πόρους φορέων και η αδυναμία συντονισμού δράσης των φορέων αυτών λόγω των ανταγωνιστικών δραστηριοτήτων στη χρήση ύδατος, συντηρεί ένα καθεστώς έλλειψης συντονισμού στον τομέα της διαχείρισης (Υπ-Αν, Ν1739/1987, Υπ Αν. Ν2503/1997. Υπ. Αν, Π.Δ 6011998).

Ειδικότερα, τα σημαντικότερα προβλήματα που μπορεί κανείς να επισημάνει σχετικά με την κατάσταση στην Ελλάδα είναι:

- Η δυσκολία και έλλειψη συστηματικής και αξιόπιστης καταγραφής και αξιολόγησης των φυσικών και τεχνητών υδατικών συστημάτων από ποσοτική και ποιοτική άποψη, καθώς και η έλλειψη επαρκών μετρήσεων υδρολογικών, μετεωρολογικών, υδρογεωλογικών και ποιοτικών παραμέτρων.
- Η έλλειψη ορθολογικά οργανωμένου εθνικού δικτύου συλλογής πληροφοριών των φυσικών δεδομένων και ενιαίας βάσης για την καταχώρηση τους. Με αποτέλεσμα την ατελή γνώση των διαφόρων συνιστωσών του υδρολογικού κύκλου, παρά το μεγάλο αριθμό φορέων που ασχολούνται με τις μετρήσεις και τον σημαντικό αριθμό των σχετικών σταθμών. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί η Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας, (ΕΤΥΜΠ) η οποία αποτέλεσε μεν ένα σημαντικό βήμα προς αυτή την κατεύθυνση, η καθυστέρηση όμως της επικαιροποίησής της με τα στοιχεία των τελευταίων ετών και η καθυστέρηση της επιχειρησιακής της λειτουργίας συντηρεί την κατάσταση της μη οργάνωσης στον τομέα των υδατικών πόρων.
- Η έλλειψη και δυσκολία οριοθέτησης, στο μέτρο του δυνατού,

ανεξάρτητων υδρογεωλογικών λεκανών ανά υδατικό διαμέρισμα

- Η αλληλεπίδραση των παράκτιων υδάτων εξαιτίας παραπλήσιων ρεμάτων ή ποταμών που απορρέουν στη θάλασσα
- Η δυσκολία και έλλειψη καταγραφής των υφιστάμενων χρήσεων και μέτρησης των ποσοτήτων ύδατος που χρησιμοποιείται για κάθε χρήση.
- Η δυσκολία συντονισμού μεταξύ των αρμόδιων φορέων σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο, όσον αφορά σε μελέτες και έρευνες υποδομής σχετικές με τους υδατικούς πόρους
- Η ευκαιριακή και ανεξέλεγκτη εκμετάλλευση μεμονωμένων υδατικών πόρων από παραπάνω του ενός υδατικού διαμερίσματος, χωρίς εμπειριστατωμένη γνώση των δυνατοτήτων του που οδηγεί στην βαθμιαία ποιοτική και ποσοτική υποβάθμιση του.
- Η χαλαρή σύνδεση και εναρμόνιση των υφιστάμενων προγραμμάτων ανάπτυξης με τις ανάγκες διαχείρισης ύδατος, από άποψη ποσότητας και ποιότητας.
- Η δυσκολία πραγματοποίησης μακροχρόνιων προβλέψεων μεγεθών ή τάσεων υδρολογικών, πληθυσμιακών, οικονομικών. τομέων παραγωγής κλπ, στα πλαίσια του αναπτυξιακού προγραμματισμού, που να επιτρέπουν αντίστοιχες προβλέψεις σε έργα αξιοποίησης.
- Η δυσκολία ή και ανυπαρξία ολιστικής αντιμετώπισης των προβλημάτων σχεδιασμού και διαχείρισης των υδατικών πόρων.
- Η ανυπαρξία μηχανισμού μεταφοράς και ενοποίησης των κατά υδατικό διαμέρισμα στόχων και πολιτικών σε ευρύτερες μονάδες χώρου (upscaling) για τον σχεδιασμό και την εφαρμογή συνδυασμένης οικονομικής ανάπτυξης.
- Η καθυστέρηση κάλυψης υποχρεώσεων που απορρέουν από την εφαρμογή κοινοτικών οδηγιών.
- Η ανάγκη εξασφάλισης ορθολογιστικής διαχείρισης των διασυνοριακών υδάτων και την από κοινού χρήση αυτών με βάση τις υδατικές ανάγκες των εμπλεκόμενων χωρών.
- Η έλλειψη ενιαίου Διαχειριστικού Φορέα στον τομέα ύδατος (www.minenv.gr).

2.11 Η οργάνωση σε επίπεδο υδατικής λεκάνης

Η οδηγία απαιτεί αποκεντρωμένη διαχείριση, με επιστημονικά κριτήρια. Η προστασία και η αειφόρος χρήση του νερού πρέπει να γίνονται σε επίπεδο υδατικής λεκάνης. Σ' αυτό το γεωγραφικό πλαίσιο πραγματοποιείται ο σχεδιασμός, εξετάζονται οι οικονομικές και περιβαλλοντικές συνιστώσες, εκτιμώνται τα κόστη και οι επιπτώσεις, συντονίζονται τα μέτρα που αφορούν επιφανειακά και υπόγεια νερά του ίδιου οικολογικού, υδρολογικού και υδρογεωλογικού συστήματος. Η παροχή επαρκούς πληροφόρησης για τα σχέδια και τις ενέργειες διαχείρισης είναι επιβεβλημένη, ώστε να εμπλέκονται οι ενδιαφερόμενοι πολίτες στις διαδικασίες, προτού ληφθούν οριστικές αποφάσεις σε επίπεδο υδατικής λεκάνης.

Σοβαρό εμπόδιο στην εφαρμογή αυτής της ρύθμισης είναι η δυσκολία επιλογής των υδατικών διαμερισμάτων, δεδομένου ότι οι λεκάνες απορροής στον ελληνικό χώρο είναι υπερβολικά πολλές και μικρές. Οι αποφάσεις για το μέγεθος και την οριοθέτηση των υδατικών διαμερισμάτων εμπλέκονται σε ισχυρά πολιτικά, τοπικιστικά και προσωπικά συμφέροντα και διαφορές. Κατά συνέπεια, μειώνεται ο ρόλος των επιστημονικών κριτηρίων στη λήψη των σχετικών αποφάσεων και υπονομεύονται ο ορθολογικός σχεδιασμός και η διαχείριση (Χατζημπίρος, 2002).

2.12 Το πρόγραμμα παρακολούθησης

Σύμφωνα με την οδηγία, η ποιότητα του νερού πρέπει να ελέγχεται, μέσω αξιόπιστων συστημάτων παρακολούθησης και με σταθερή συχνότητα μετρήσεων. Απαιτείται ο καθορισμός ειδικών χημικών και βιολογικών μεθόδων και η χρήση κατάλληλων δεικτών. Τα υπάρχοντα δίκτυα μετρήσεων, αν και αρκετά πυκνά σε μερικές περιοχές, είναι κατανομημένα ανομοιόμορφα και μετρούν λίγες και διαφορετικές μεταβλητές, ανάλογα με τη σκοπιμότητα του κάθε δικτύου. Η συνέχεια των χρονοσειρών διακόπτεται συχνά, διότι δεν υπάρχουν εξασφαλισμένη χρηματοδότηση και συντήρηση, καθώς και εξειδικευμένο προσωπικό. Κατά συνέπεια, η

ποιότητα της παραγόμενης πληροφορίας είναι μειωμένη, ενώ η αδυναμία ελέγχου των μεθόδων και πρωτοκόλλων δειγματοληψίας δημιουργεί αμφιβολίες για την αξιοπιστία της. Η κατάσταση επιβαρύνεται από την διαδεδομένη πρακτική πολλών φορέων να μην χορηγούν τα αναλυτικά στοιχεία που διαθέτουν, ιδίως όταν αυτά έχουν συλλεγεί στα πλαίσια μελετών ή ερευνητικών προγραμμάτων. Η διόρθωση των ανωτέρω αδυναμιών, η οργάνωση κατάλληλων δικτύων ανά υδατική λεκάνη και η εξασφάλιση της μονιμότητας των μετρήσεων συνιστούν ένα πρόγραμμα εξαιρετικά φιλόδοξο, που η υλοποίησή του θα απαιτήσει μεγάλα κονδύλια, πολύ χρόνο και οδυνηρή αναδιάρθρωση αρμοδιοτήτων (Χατζημήτρος, 2002).

2.13 Η χαλαρότητα στην εφαρμογή

Οι σημαντικές αλλαγές που επέρχονται στη διαχείριση του νερού είναι ανέφικτες, αν δεν υπάρξει ένα αυστηρό καθεστώς σταδιακής εφαρμογής. Οι ποινές για την παράβαση των κανόνων οφείλουν, σύμφωνα με την οδηγία, να εξασφαλίζουν θετικά αποτελέσματα, να είναι ανάλογες με το μέγεθος της βλάβης που προκαλείται στον υδατικό πόρο και να μπορούν να λειτουργούν αποτρεπτικά. Ωστόσο, είναι γνωστό το χαλαρό καθεστώς εφαρμογής των νόμων στον ελληνικό χώρο, ιδιαίτερα δε των ρυθμίσεων που αφορούν το περιβάλλον. Η υπερβολική επιείκεια αποτελεί συστατικό της φιλοσοφίας της ελληνικής κοινωνίας, οι αδυναμίες του κρατικού μηχανισμού έχουν συχνά ως αποτέλεσμα την ατιμωρησία των παραβατών, ενώ η διαφθορά αποτελεί επίσης ένα δομικό χαρακτηριστικό της διοίκησης.

Η αναμενόμενη πολύ αργή μεταβολή αυτής της κατάστασης δεν θα μπορέσει να αποτρέψει εκτεταμένες παραβιάσεις των κανόνων και του χρονοδιαγράμματος εφαρμογής της οδηγίας (Χατζημήτρος, 2002).

2.14 Σύνδεση οικονομικής ανάλυσης και περιβαλλοντικών στόχων

Καθώς οι διαθέσιμοι υδατικοί πόροι μειώνονται, τα οικονομικά μέτρα θεωρούνται όλο και πιο πολύ ως βασικά εργαλεία για το σχεδιασμό και την υλοποίηση των πολιτικών αυτών. Το νέο στοιχείο της Οδηγίας είναι η εισαγωγή της οικονομικής θεώρησης στη διαχείριση των υδατικών πόρων, στη λήψη αποφάσεων υδατικής πολιτικής, για το χαρακτηρισμό των λεκανών απορροής ποταμού και για την επιλογή των καταλληλότερων μέτρων. Η επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας βρίσκεται σε οικονομικές πολιτικές (η αρχή ο ρυπαίνων πληρώνει) οικονομικά εργαλεία και τεχνικές (ανάλυση της οικονομικής αποδοτικότητας των μέτρων) και μέτρα (τιμολόγηση υπηρεσιών ύδατος). Η προσέγγιση αυτή είναι αρκετά πολύπλοκη και απαιτεί τη συγκέντρωση επαρκών δεδομένων, τη χρήση στατιστικών και οικονομικών τεχνικών. την ανάπτυξη και εφαρμογή ολοκληρωμένων μοντέλων για την περιγραφή υδρολογικών και περιβαλλοντικών συστημάτων και τη συνεχή διάχυση της πληροφορίας μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων παραγόντων.

Η σημαντικότερη συνεισφορά της οδηγίας είναι η δημιουργία ενός κοινού πλαισίου διαχείρισης που περιλαμβάνει πολιτικές και μέτρα όπως η τιμολόγηση των υπηρεσιών ύδατος με βάση την ανάκτηση του συνολικού κόστους. Τα μέτρα αυτά καθορίζονται σε επίπεδο λεκανών απορροής με στόχο να αποτυπώσουν τις συγκεκριμένες συνθήκες σε κάθε περιοχή αλλά και τους στόχους που πρέπει να επιτευχθούν. Η επιτυχής επιλογή των κατάλληλων μέτρων και η αποτελεσματική υλοποίηση τους προϋποθέτει τη συμμετοχή όλων των αρμόδιων φορέων και των καταναλωτών στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων. Κατά συνέπεια, η πληροφόρηση του κοινού σχετικά με όλες τις παραμέτρους που αφορούν στους υδατικούς πόρους αποτελεί- βασικό στόχο της οδηγίας και δημιουργεί την ευκαιρία για τη συμμετοχή όλων των παραγόντων στην ανάπτυξη σχεδίων διαχείρισης των υδατικών πόρων σε επίπεδο λεκάνης απορροής.

Στον πίνακα 2.1 παρουσιάζονται τα οικονομικά στοιχεία της Οδηγίας 2000/60.

Αναφορά	Περίληψη
Εισαγωγικά 11,12,31,36,38 και 43	<p>Εφαρμόζεται η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει»</p> <p>Λαμβάνεται υπόψη η οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη της ΕΕ</p> <p>Δικαιολογούνται λιγότερο αυστηροί στόχοι όταν είναι υπερβολικά δαπανηρό να επιτευχθούν οι στόχοι της οδηγίας</p> <p>Διενέργεια οικονομικής ανάλυσης των χρήσεων ύδατος</p> <p>Χρήση οικονομικών μέσων ως μέρος του προγράμματος μέτρων</p> <p>Εφαρμογή της αρχής ανάκτησης του συνολικού κόστους</p> <p>Προσδιορισμό οικονομικά αποδοτικών μέτρων κατά της ρύπανσης υδάτων</p>
Άρθρο 2 Ορισμοί 38 και 39	Ορισμός υπηρεσιών και χρήσεων ύδατος
<p>Άρθρο 4</p> <p>Περιβαλλοντικοί στόχοι</p> <p>Καθορισμός ιδιαίτερως τροποποιημένων υδατικών συστημάτων</p> <p>Υποβάθμιση περιβαλλοντικών στόχων</p>	<p>Απαιτείται αιτιολόγηση για τον προσδιορισμό ιδιαίτερως τροποποιημένων υδατικών συστημάτων (η φυσική τους κατάσταση είναι τέτοια ώστε η επίτευξη των στόχων να είναι ανέφικτη ή δυσανάλογα δαπανηρή ...)</p> <p>Υποβάθμιση περιβαλλοντικών στόχων δικαιολογείται όταν:</p> <p>Η Επίτευξη τους μέσα στο χρονοδιάγραμμα είναι δυσανάλογα</p>

	<p>δαπανηρή Η επίτευξη τους είναι ιδιαίτερα δαπανηρή και δεν υπάρχουν εναλλακτικά μέτρα σημαντικά καλύτερα που δεν παρουσιάζουν δυσανάλογα κόστη</p> <p>Μια νέα δραστηριότητα επιτυγχάνει οφέλη που υπερτερούν έναντι διατήρησης της καλής κατάστασης των υδατικών συστημάτων και δεν υπάρχει άλλος τρόπος επίτευξης των ίδιων αποτελεσμάτων που να μην παρουσιάζει δυσανάλογα κόστη</p>
<p>Άρθρο 5 Παράρτημα ΙΙΙ</p> <p>Χαρακτηριστικά περιοχών λεκάνης απορροής ποταμού</p> <p>Αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ανθρώπινων δραστηριοτήτων</p> <p>Οικονομική ανάλυση χρήσεων ύδατος</p>	<p>Μέρος της ανάλυσης των χαρακτηριστικών λεκάνης απορροής αποτελεί η οικονομική ανάλυση των χρήσεων ύδατος με βάση τις προδιαγραφές του Παραρτήματος 111. Η οικονομική ανάλυση περιλαμβάνει τις απαραίτητες πληροφορίες και σε λεπτομέρεια τέτοια ώστε:</p> <p>Να γίνουν οι απαραίτητοι υπολογισμοί για την ανάκτηση του συνολικού κόστους υπηρεσιών ύδατος λαμβάνοντας υπόψη προβλέψεις για την εξέλιξη της προσφοράς και ζήτησης ύδατος, τιμές και κόστος υπηρεσιών ύδατος τις απαραίτητες επενδύσεις</p> <p>Να γίνει κριτική αξιολόγηση των πιο οικονομικά αποδοτικών μέτρων για να συμπεριληφθούν στο πρόγραμμα</p>

	μέτρων που θα αναπτυχθεί.
Άρθρο 6 και παράρτημα IV Καταγραφή προστατευόμενων περιοχών	Ορισμός περιοχών για την προστασία οικοτόπων και ειδών που εξαρτώνται άμεσα από το νερό
Άρθρο 9 Ανάκτηση κόστους για τις υπηρεσίες ύδατος	<p>Λαμβάνεται υπόψη η αρχή της ανάκτησης του κόστους των υπηρεσιών ύδατος συμπεριλαμβανομένου του κόστους για το περιβάλλον και τους φυσικούς πόρου. Τα κράτη μέλη πρέπει να εξασφαλίζουν:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ότι οι πολιτικές τιμολόγησης του ύδατος παρέχουν κατάλληλα κίνητρα στους χρήστες για να χρησιμοποιούν αποτελεσματικά τους υδατικούς πόρους ▪ Κατάλληλη συμβολή των διαφόρων χρήσεων ύδατος διακρινόμενων τουλάχιστον σε βιομηχανία, νοικοκυριά και γεωργία στην ανάκτηση του κόστους των υπηρεσιών ύδατος <p>Παρέχεται η δυνατότητα να συνεκτιμώνται τα κοινωνικά, περιβαλλοντικά και οικονομικά αποτελέσματα της ανάκτησης του συνολικού κόστους</p>
Άρθρο 11 και Παράρτημα VI	Θέσπιση προγράμματος μέτρων με

Πρόγραμμα μέτρων	βάση τα αποτελέσματα της οικονομικής ανάλυσης για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων. Τα βασικά μέτρα περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, μέτρα που κρίνονται κατάλληλα για τους σκοπούς του άρθρου 9 (ανάκτηση του συνολικού κόστους)
Άρθρο 13 και Παράρτημα VII	Τα σχέδια διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού
Σχέδια διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού	περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, περίληψη της οικονομικής ανάλυσης της χρήσης ύδατος όπως απαιτείται σύμφωνα με το άρθρο 5 και το παράρτημα III
Άρθρο 16 Σχέδια διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού	Χρήση κριτηρίων οικονομικής αποτελεσματικότητας και αναλογικότητας για τον προσδιορισμό του κατάλληλου συνδυασμού ελέγχων προϊόντων και διεργασιών για τις ουσίες προτεραιότητας.
Άρθρο 23 Κυρώσεις αποτρεπτικές	Οι κυρώσεις πρέπει να είναι αποτελεσματικές, ανάλογες και αποτρεπτικές

Πίνακας 2.1: Οικονομικά στοιχεία στην Οδηγία 2000/60

Τα κόστη που αναφέρθηκαν ορίζονται ως κόστη για την κοινωνία και όχι ως κόστη που αφορούν κάποιο συγκεκριμένο παράγοντα. Η εκτίμηση του οικονομικού κόστους είναι πιο εύκολη σε σχέση με τα υπόλοιπα κόστη αλλά πρέπει να επιλεγούν κατάλληλες τιμές για όλες τις παραμέτρους όπως διάρκεια ζωής των επενδύσεων, τα επιτόκια αναγωγής και οι μέθοδοι υπολογισμού των αποσβέσεων.

Οι γενικοί φόροι και οι επιδοτήσεις δεν περιλαμβάνονται, ενώ οι περιβαλλοντικοί φόροι συνυπολογίζονται στο περιβαλλοντικό κόστος καθώς αποτελούν εσωτερίκευση μέρους του κόστους αυτού.

Για την προσέγγιση του κόστους των φυσικών πόρων μπορούν να εκτιμηθούν οι τιμές για τις οποίες η ζήτηση ύδατος είναι ίση με την προσφορά πριν και μετά τη μείωση του διαθέσιμου υδατικού πόρου (Τσούτσος, 1999).

Κεφάλαιο 3^ο – Περιγραφή της περιοχής

3.1 Γεωλογία περιοχής έρευνας

Η γεωλογία της Κρήτης χαρακτηρίζεται από μια 'λεπιοειδή' διάταξη των διαφορετικής ηλικίας φάσεων και σχηματισμών που συμμετέχουν στη δομή της νήσου. Η Κρήτη αποτελείται από ένα αυτόχθονο έως παραυτόχθονο σύστημα πετρωμάτων που περιλαμβάνει την ημιμεταμορφωμένη ενότητα των πλακωδών ασβεστολίθων και τους υποκείμενους ασβεστολίθους, δολομίτες, με παρεμβολές σχιστολίθων και ένα αλλόχθονο σύστημα επωθημένο πάνω στο αυτόχθονο και από τα νεότερα ιζήματα του, Νεογενούς και του Τεταρτογενούς. (Λιόνης και Περλέρος, 2001). Το αλλόχθονο σύστημα αποτελείται από αλληπάλληλα τεκτονικά καλύμματα επωθημένα το ένα πάνω στο άλλο με την ακόλουθη σειρά, από το κατώτερο προς το ανώτερο:

- Ανθρακικό κάλυμμα Ομαλού
- Τρυπανιού
- Τεκτονικό κάλυμμα Φυλλιτών
- Χαλαζιτών - Ζώνη Τρίπολης
- Ζώνη Πίνδου Πελαγονική ζώνη
- Οφιολιθικό κάλυμμα

3.2 Στρωματογραφία

Αυτόχθονη Σειρά –Ιόνιος ζώνη

Περιλαμβάνει την ενότητα των πλακωδών ασβεστολίθων που χαρακτηρίζεται από την λεπτοστρωματώδη ανάπτυξη ισχυρά ανακρυσταλλωμένων ασβεστολίθων - μαρμάρων στους οποίους παρεμβάλλονται πυριτόλιθοι με μορφή λεπτών στρώσεων, κονδύλων ή

φακών, σχιστολίθους κυρίως πυριτικούς που βρίσκονται με μορφή ένστροφης στη βάση των πλακωδών κρυσταλλικών ασβεστολίθων, και παχυστρωματώδεις ασβεστολίθους έως μάρμαρα και δολομίτες.

Τα ανθρακικά της Ιονίου ζώνης αναπτύσσονται κυρίως στα κεντρικά τμήματα των ορεινών όγκων (Λευκά ορη, Ψηλορείτης, Ταλαία Ορη, Δίκτη, Σελένα και Θριπτή) και σποραδικά σε άλλα τμήματα ιδιαίτερα στο Ν.Ρεθύμνου (Λιόνης και Περλέρους, 2001).

Αλλόχθονες Σειρές Τεκτονικό Κάλυμμα Ομαλού -Τρυπαλίου

Αποτελεί το κατώτερο τεκτονικό κάλυμμα της νήσου Κρήτης και βρίσκεται επωθημένο επάνω στην αυτόχθονη σειρά των λεπτοπλακωδών κρυσταλλικών ασβεστολίθων. Εμφανίζει μεγάλη εξάπλωση στη Δυτική Κρήτη και αναπτύσσεται σε μεγάλο τμήμα των Λευκών Ορέων (Λιόνης και Περλέρους, 2001) .

Τεκτονικό Κάλυμμα Φυλλιτών -Χαλαζιτών

Ο σχηματισμός αυτός αποτελείται από φυλλίτες, μεταψαμμίτες, χαλαζίτες και σχιστόλιθους, κροκαλοπαγή, ποικίλης σύστασης. Συχνά παρεμβάλλονται μαύροι λεπτοστρωματώδεις και κατακερματισμένοι κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, χαλαζιτικές φλέβες, δολομίτες (Λιόνης και Περλέρους, 2001).

Τεκτονικό Κάλυμμα Ζώνης Τρίπολης

Το τεκτονικό κάλυμμα της ζώνης Τρίπολης συναντάται επωθημένο είτε απευθείας πάνω στους Πλακώδεις ασβεστολίθους της Ιονίου ζώνης, είτε και κυρίως πάνω σε υπολείμματα της φυλλιτικής - χαλαζιτικής σειράς με αποτέλεσμα να παρουσιάζει έντονο κερματισμό στη βάση του. Περιλαμβάνει τους σχηματισμούς του φλύσχη και τους μεσο-παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους και δολομίτες που είναι έντονα τεκτονισμένοι. Τα ανθρακικά πετρώματα της Τρίπολης παρουσιάζουν μεν μεγάλο πάχος, έχουν όμως εξαιτίας των επωθήσεων και των ρηγμάτων κατατμηθεί και συναντώνται πολλές φορές ως τεκτονικά ράκη πάνω στους υποκείμενους τεκτονικά σχηματισμούς. Εξαιτίας της θέσης τους ως υπερκείμενοι των φυλλιτών και λεπτοπλακωδών ασβεστολίθων

διαδραματίζουν ιδιαίτερο ρόλο στη διαμόρφωση των υδρογεωλογικών λεκανών της Κρήτης (Λιόνης και Περλέρος, 2001).

Νεογενείς Σχηματισμοί

Τα νεογενή και πλειοπλειστοκαινικά ιζήματα αναπτύσσονται σε μεγάλες εκτάσεις στο σύνολο της Κρήτης. Επικάθονται ασύμφωνα στους αλπικούς σχηματισμούς. Αποτελούνται από ιζήματα χερσαίας, ποτάμιας, υφάλμυρης και θαλάσσιας φάσης. Παρουσιάζουν ανομοιομορφία τόσο ως προς την ηλικία τους όσο και ως προς τη λιθολογία τους. Αποτελούνται από εκτεταμένες αποθέσεις μαργών, κροκαλών και μαργαϊκών ασβεστολίθων (Λιόνης και Περλέρος, 2001).

3.3 Υδρογεωλογία

Οι πετρολογικοί σχηματισμοί που συμμετέχουν στην δομή της περιοχής, από την άποψη των υδρολιθολογικών χαρακτηριστικών τους, διακρίνονται σε:

- καρστικούς - υψηλής έως μέτριας υδροπερατότητας
- καρστικούς - μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας
- καρστικούς - μειοκαινικούς- υψηλής έως μέσης υδροπερατότητας
- πορώδεις μειοκαινικές και πλειοκαινικές αποθέσεις μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας
- πορώδεις προσχωματικούς - μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας
- πορώδεις μη προσχωματικούς - μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας
- πρακτικά αδιαπέρατους

Αναλυτικότερα:

Καρστικοί σχηματισμοί

Η κυκλοφορία του νερού στους καρστικούς σχηματισμούς, πραγματοποιείται μέσω του δευτερογενούς πορώδους (ασυνέχειες και καρστικά κενά).Ανάλογα με την υδροπερατότητά τους διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες. Ασβεστόλιθοι, δολομίτες, κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και μάρμαρα υψηλής έως μέτριας υδροπερατότητας. Ο χαρακτηρισμός «μέτριας υδροπερατότητας» αποδίδεται στα μη καρστικοποιημένα ή δολομιτιωμένα τμήματα της μάζας των σχηματισμών αυτών. Στην κατηγορία αυτή κατατάσσονται οι έντονα καρστικοποιημένοι ανθρακικοί σχηματισμοί της ζώνης της Τρίπολης, τα ανθρακικά Τρυπαλίου και οι Τριαδικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες της Ιονίου ζώνης, οι οποίοι αναπτύσσουν υψηλού δυναμικού υπόγειες υδροφορίες που εκφορτίζονται μέσω μεγάλων καρστικών πηγών. Στην δεύτερη κατηγορία ανήκουν οι ασβεστόλιθοι μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας.

Στην κατηγορία αυτή κατατάσσονται οι ασβεστόλιθοι της ζώνης της Πίνδου, και οι κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι Ιουρασικής - Ηωκαινικής ηλικίας της Ιονίου ζώνης. Η κυκλοφορία του νερού στους σχηματισμούς αυτούς ελέγχεται από τις παρεμβολές πυριτολίθων, κερατολίθων, αργιλικών

σχιστολίθων. Αναπτύσσονται εδώ μέσου έως μικρού δυναμικού υπόγειες υδροφορίες. Κατά θέσεις οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούν το υδρογεωλογικό όριο και ειδικά εκείνοι της Ιονίου, το υδρογεωλογικό υπόβαθρο των υψηλής υδροπερατότητας ανθρακικών σχηματισμών, όταν έχουν μικρή υδροπερατότητα και η τεκτονική θέση τους το επιτρέπει.

Στην Τρίτη κατηγορία εντάσσονται τα Μειοκαινικά ασβεστολιθικά κυρίως λατυποκροκαλοπαγή Τοπολίων, στα οποία διαπιστώνεται μέτρια έως υψηλή υδροπερατότητα. Παρουσιάζουν τόσο πρωτογενές όσο και δευτερογενές πορώδες. Αναπτύσσονται εδώ αξιόλογες υδροφορίες που εκφορτίζονται μέσω αξιόλογων πηγών. Τμήμα τους διασυνδέεται με τις πηγές Κωλένη.

Πορώδεις σχηματισμοί

Η κυκλοφορία του νερού στους σχηματισμούς αυτούς, πραγματοποιείται μέσω του πρωτογενούς πορώδους (πορώδες κόκκων). *Και εδώ διακρίνονται τρεις κατηγορίες ανάλογα με την υδροπερατότητά τους και το είδος των σχηματισμών.* Η πρώτη κατηγορία αναφέρεται στις Μειοκαινικές και Πλειοκαινικές αποθέσεις μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας και αποτελούνται από τα κροκαλοπαγή και τους μαργαϊκούς ασβεστολίθους των νεογενών σχηματισμών. Καταλαμβάνουν τις παρυφές των ορεινών ασβεστολιθικών όγκων και μερικές φορές τροφοδοτούνται πλευρικά από τους ασβεστολίθους όταν η πιεζομετρία το επιτρέπει. Στην μάζα τους αναπτύσσονται επιμέρους υπόγειες υδροφορίες μέσου έως μικρού δυναμικού.

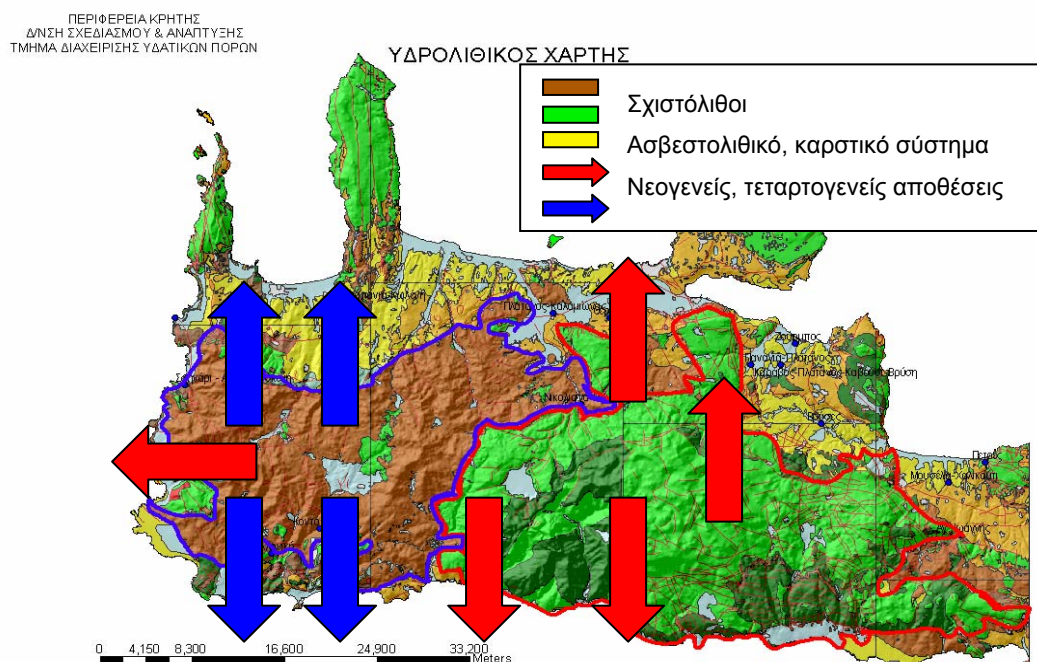
Η δεύτερη κατηγορία αναφέρεται στους κοκκώδεις προσχωματικούς σχηματισμούς μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας και κατατάσσονται σε αυτήν οι αλλουβιακές αποθέσεις, οι ποτάμιες και θαλάσσιες αναβαθμίδες, τα κροκαλοπαγή ποτάμιας προέλευσης, τα πλευρικά κορήματα και οι κώνοι κορημάτων. Στις περιπτώσεις που οι σχηματισμοί των πλευρικών κορημάτων, των κώνων κορημάτων και των αναβαθμίδων καλύπτουν μικρή έκταση και έχουν μικρό πάχος δεν έχουν υδρογεωλογική σημασία. Αναπτύσσονται ιδιαίτερα στις σύγχρονες αποθέσεις των ποταμών και χειμάρρων με αξιόλογες φρεάτιες υδροφορίες.

Στην τρίτη κατηγορία εντάσσονται οι κοκκώδεις μη προσχωματικές

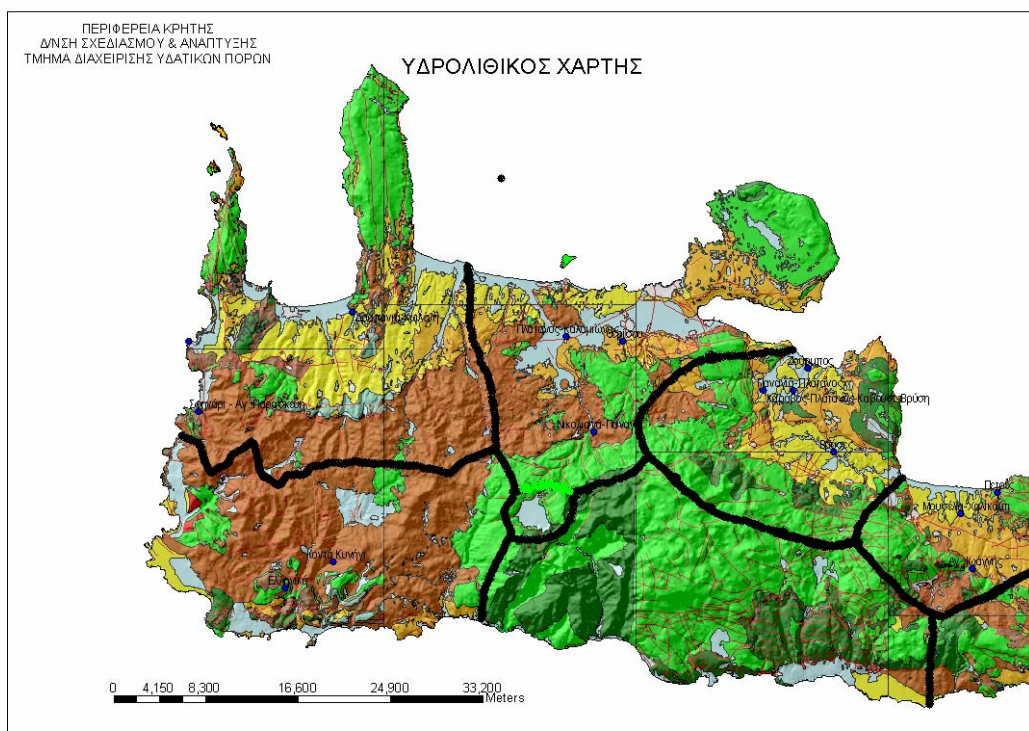
αποθέσεις μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας. Στην κατηγορία αυτήν ανήκουν οι πλειοκαινικές και μειοκαινικές μάργες, καθώς και ο αδιαίρετος σχηματισμός των νεογενών. Τοπικά στον αδιαίρετο σχηματισμό των νεογενών αναμένεται η ανάπτυξη υδροφοριών μέσα σε παρεμβολές κροκαλοπαγών ή μαργαϊκών ασβεστολίθων. Κατά θέσεις στις νεογενείς αποθέσεις αναπτύσσονται στρώματα γύψου που παρουσιάζουν αξιόλογη υδροφορία έντονα όμως υποβαθμισμένη εξαιτίας των θειικών ιόντων.

Αδιαπερατοί σχηματισμοί

Πρακτικά αδιαπέρατοι ή εκλεκτικής κυκλοφορίας σχηματισμοί με μικρή έως πολύ μικρή υδροπερατότητα. Κατατάσσονται εδώ το τεκτονικό κάλυμμα των φυλλιτών - χαλαζιτών, ο φλύσχης και πρώτος φλύσχης της ζώνης της Πίνδου, ο φλύσχης της ζώνης της Τρίπολης και οι σχιστόλιθοι με Posidonia της Ιονίου ζώνης. Μέσα στο σύστημα φυλλιτών - χαλαζιτών παρεμβάλλονται συχνά ζώνες μαρμάρων που έχουν τοπική υδρογεωλογική σημασία σε συνδυασμό με τις ζώνες κερματισμού του τεκτονικού αυτού καλύμματος (Λιόνης και Περλέρος, 2001).



Σχήμα 3.1: Υδρολιθικός χάρτης Νομού Χανίων



Σχήμα 3.2: Υδρολιθικός χάρτης με τις λεκάνες απορροής ποταμού

(Πηγή σχημάτων: Βοζινάκης, Κουγιάννη 2004)

3.3.1 Καρστική υδροφορία Αγυιάς.

Οι ανάγκες σε νερό, που η κάλυψή τους οφείλει να στηρίζεται στην παροχή των πηγών της Αγυιάς, είναι βασικά οι ακόλουθες δύο: α) η υδροδότηση του πολεοδομικού συγκροτήματος Χανίων καθώς και μερικών κοινοτήτων και β) η άρδευση όσο το δυνατό μεγαλύτερης εκτάσεως. Με βάση τους υπολογισμούς των αναγκών (της εποχής εκείνης βέβαια), αν η εκμετάλλευση των πηγών πραγματοποιηθεί με τις φυσικές συνθήκες αναβλύσεως και διακυμάνσεων της παροχής, αυτή πρέπει να έχει σαν αφετηρία την μέση χαμηλή παροχή κατά τον μήνα αιχμής των αναγκών. Η παροχή αυτή, είναι ίση με 2.470 L/sec. Και αναφέρεται στο μήνα Ιούλιο. Με τον περιορισμό αυτό, μετά την κάλυψη των αναγκών της υδρεύσεως, που αυτονόητα έχουν προτεραιότητα, γίνεται δυνατή άρδευση 35.500 στρεμμάτων. Οι συνολικές καταναλώσεις στη διάρκεια του χρόνου είναι: για την ύδρευση $13 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ και για την άρδευση $24 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, συνολικά $37 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ το χρόνο. Αυτό σημαίνει ότι, από τα μέσα χαμηλά διαθέσιμα

$73 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ νερού, αξιοποιείται ποσοστό 50%, ενώ ο υπόλοιπος όγκος των $36 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ χάνεται προς τη θάλασσα κατά τη χειμερινή-εαρινή υπερχειλίση των πηγών.

Για λόγους ασφαλείας και σωφροσύνης έχει τεθεί σαν στόχος και οροφή της αναριθμήσεως η απόληψη 4.000 L/sec . κατά το μήνα της αιχμής των αναγκών. Με την παροχή αυτή θα είναι δυνατή μετά την κάλυψη των αναγκών της υδρεύσεως, η άρδευση 67.300 στρεμμάτων, δηλ. σχεδόν διπλασιασμός της εκτάσεως που μπορεί να αρδεύσει με φυσικές λειτουργίας των πηγών. Από τις παροχές αυτές, υπολογίζεται ότι ο συνολικός όγκος εκμεταλλεύσεως φθάνει τα $57 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ το χρόνο, δηλ. σχεδόν το 80% της μέσης χαμηλής ετήσιας παροχής των πηγών. Το αξιοσημείωτο είναι ότι η αύξηση αυτή του όγκου εκμεταλλεύσεως κατά $20 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ /έτος, δεν προέρχεται παρά μόνο κατά το μισό περίπου ($11 \cdot 10^6 \text{ m}^3$), από τα ρυθμιστικά αποθέματα του υδροφορέα. Το υπόλοιπο είναι στην πραγματικότητα αξιοποίηση της φυσικής υπερχειλίσεως των πηγών. Η αναπλήρωση των ρυθμιστικών αποθεμάτων θα πραγματοποιείται κατά τους μήνες Οκτώβριο έως Δεκέμβριο, σε βάρος της υπερχειλίσεως των πηγών.

Συνοπτικά, το ισοζύγιο εκμεταλλεύσεως των πηγών της Αγυιάς με φυσικές συνθήκες υπερχειλίσεως και με συνθήκες αναριθμήσεως, είναι το ακόλουθο:

Ισοζύγιο εκμεταλλεύσεως πηγών Αγυιάς

Μέση χαμηλή ετήσια παροχή

Κρίσιμη παροχή στην αιχμή των αναγκών : $73 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

(Ιούλιος): 2.470 L/sec

Εκμετάλλευση με φυσικές συνθήκες

- Ύδρευση : $13 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- Άρδευση : $24 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- Απώλειες από τη χειμερινή υπερχειλίση : $36 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- Όγκος εκμεταλλεύσεως : $37 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- Συντελεστής εκμεταλλεύσεως 50%
- Αρδευόμενα στρέμματα : 35500

Εκμετάλλευση με αναρρύθμιση

Με παροχή στη αιχμή των αναγκών

(Ιούλιος): 4.000 L /sec.

Υδρευση : $13 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Άρδευση : $44 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Αύξηση $44 \cdot 10^6 - 24 \cdot 10^6 = 20 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Από τα οποία:

Από φυσική υπερχείλιση : $9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Από ρυθμιστικά αποθέματα : $11 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Απώλειες από τη χειμερινή υπερχείλιση : $16 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Όγκος εκμεταλλεύσεως $57 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Από τα οποία

Από υπερχείλιση : $23 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Από άντληση : $34 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Συντελεστής εκμεταλλεύσεως 80%

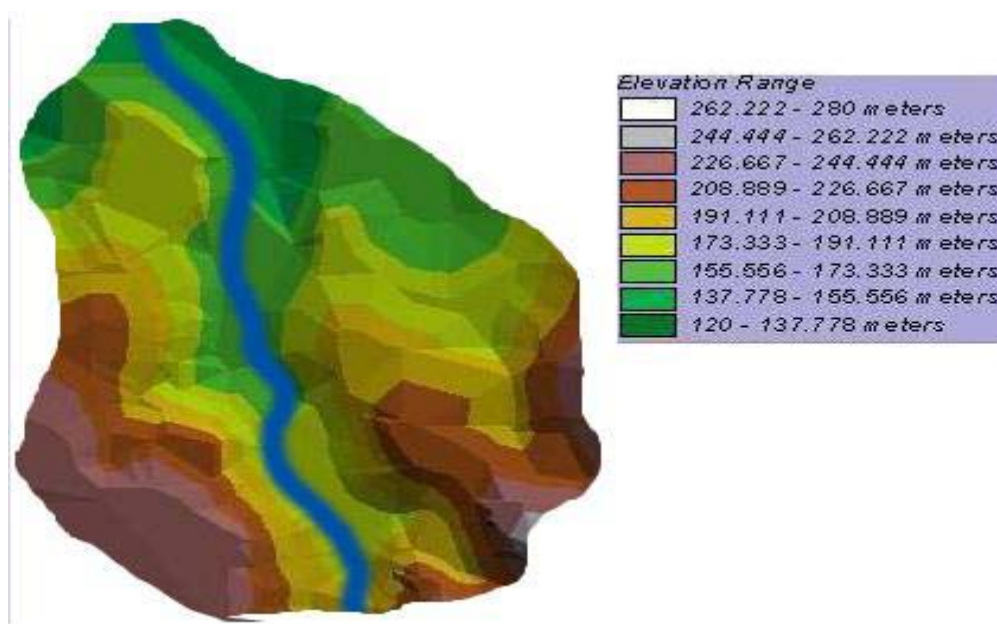
Αρδευόμενα στρέμματα 67300

Το ισοζύγιο αυτό έχει καταρτισθεί με βάση τη μέση χαμηλή ετήσια παροχή των $73 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ και με "οροφή" εκμεταλλεύσεως με αναρρύθμιση τα 4.000 lt /sec κατά το μήνα Ιούλιο, που σημειώνεται η αιχμή των αναγκών. Είναι αυτονόητο ότι, θεωρητικά υπάρχουν πολλά περιθώρια για ακόμα υψηλότερους στόχους, με τελική επιδίωξη συντελεστή εκμεταλλεύσεως 100% της μέσης ετήσιας παροχής των πηγών, που έχει υπολογισθεί σε $95 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (Λιόνης και Περλέρος, 2001).

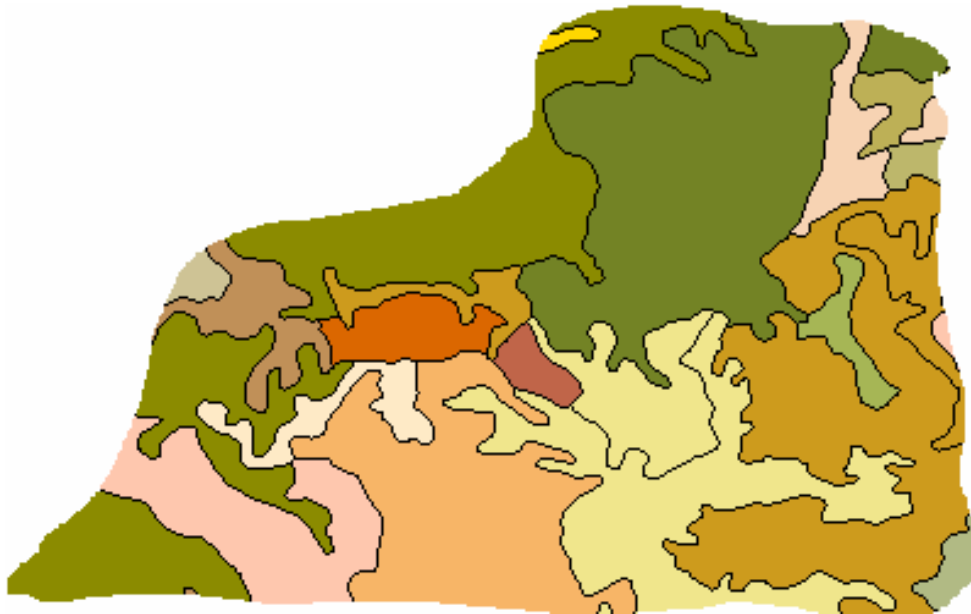
Συγκριτικά οι δύο μελέτες, των Λιόνη Παρλιέρου (2001) και Βοζινάκη και Κουγιάννη (2004), έχουν πολλά κοινά σημεία και θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι υπολογισμοί και οι απόψεις είναι σε γενικές γραμμές ίδιες.

3.4 Αγία Κυριακή

Η αδελφότητα της Ιεράς Μονής Χρυσοπηγής κατά την τελευταία δεκαετία αναστήλωσε το παλιό μετόχι της Αγίας Κυριακής, στο Βαρύπετρο Κυδωνίας, σε απόσταση 12 χλμ. από τα Χανιά. Βάσει περιβαλλοντικής μελέτης πραγματοποιείται η ανάπλαση του αισθητικού δάσους. Επιδιώκεται η εξασφάλιση της φυσικής ποικιλότητας της περιοχής και η διαφύλαξη της ισορροπίας των οικοσυστημάτων και της πλούσιας χλωρίδας και πανίδας, με την προστασία των φυτών, ζώων και πουλιών (για το σκοπό αυτό γίνονται συστηματικά απελευθερώσεις πουλιών σε συνεργασία με το ΕΛ.ΚΕ.Π.Α.Ζ.). Ταυτόχρονα καταβάλλεται μεγάλη προσπάθεια για τον έλεγχο της βόσκησης των ποιμνίων και την ενημέρωση των κυνηγών ότι η περιοχή αποτελεί οικολογικό βιότοπο. Η ανάπλαση του φυσικού χώρου δίνει την ευκαιρία στους προσκυνητές να περπατήσουν στην περιοχή, να επισκεφθούν τα προσκυνήματα και να έρθουν σε επαφή με το περιβάλλον (www.imx.gr). Η περιοχή μελέτης μας, δηλαδή η λεκάνη απορροής της μονής της Αγίας Κυριακής, εμφανίζεται σχηματικά με την χρήση GIS στην εικόνα 3.1.



Εικόνα 3.1: DEM της λεκάνης απορροής της Αγίας Κυριακής



Εικόνα 3.2: Οι χρήσεις γης της ευρύτερης περιοχής της Αγίας Κυριακής προσομοιωμένες στο GIS

Στην εικόνα 3.2 μπορούμε να βγάλουμε ορισμένα συμπεράσματα για την λεκάνη απορροής της Αγίας Κυριακής, ως προς τις χρήσεις γης. Με πράσινο χρώμα απεικονίζονται οι γεωργικές εκτάσεις, ενώ με καφέ τα δάση. Όσο πιο σκούρο είναι το κάθε χρώμα, τόσο πιο έντονη δραστηριότητα (γεωργικές καλλιέργειες, δάση) εμφανίζεται. Παρατηρούμε ότι στο βορινό τμήμα της λεκάνης, υπάρχουν γεωργικές καλλιέργειες, ενώ στο νοτιότερο υπάρχουν δάση.

Στην φωτογραφία 3.1 παρουσιάζεται η πανοραμική άποψη του μοναστηριού εντός της περιοχής μελέτης μας.



Φωτογραφία 3.1: Πανοραμική άποψη της μονής Αγίας Κυριακής

Στην φωτογραφία 3.2 παρουσιάζεται μία γενική άποψη της χλωρίδας της περιοχής. Παρατηρείται ότι ένα μεγάλο μέρος της λεκάνης απορροής καλύπτεται από πτωχή πανίδα.



Φωτογραφία 4.2: Γενική άποψη της χλωρίδας της περιοχής

Η Βλάστηση της περιοχής γενικότερα όμως είναι πλούσια, η μεγαλύτερη έκταση καλύπτεται από θάμνους, ενώ υπάρχουν και αρκετά δέντρα. Κοντά στην περιοχή της πηγής του Κάστρου, η περιοχή έχει απομονωθεί από τους βοσκούς με συρματοπλέγμα, και ένας μεγάλος αριθμός από αιγοπρόβατα (ο αριθμός κυμαίνεται γύρω στα 200), βοσκούν εκεί. Η πανίδα στην εν λόγω περιοχή είναι φτωχή, εξαιτίας των ζώων. Κοντά στις πηγές αντιθέτως η πανίδα είναι πλούσια εξαιτίας των τρεχούμενων νερών.

Στον χώρο που ανήκει το μοναστήρι βρίσκονται δύο πηγές, η πηγή των Επτά Παίδων και η πηγή του Κάστρου. Από τις δύο αυτές οι πηγές, η πρώτη δίνει μεγαλύτερες παροχές, σε αντίθεση με τη δεύτερη όπου τους καλοκαιρινούς μήνες στερεύει. Κοντά στην πηγή έχει εγκατασταθεί γεώτρηση όπου αντλεί νερό για να καλύπτει τις ανάγκες των μοναχών που διαμένουν στο μοναστήρι, λεπτομέρειες σχετικά παρουσιάζονται παρακάτω. Σε μόνιμη βάση ο πληθυσμός των μοναχών είναι δέκα (10).

Στην περιοχή του παλιού κάστρου, βρίσκεται η πηγή «Κάστρου». Η συγκεκριμένη πηγή καλύπτει προς το παρόν τις ανάγκες των ζώων που βοσκούν στην περιοχή, όποτε όμως αυτή έχει ροή. Τους καλοκαιρινούς μήνες η ροή της πηγής ήταν μηδενική.



Φωτογραφία 3.3: Πηγή Κάστρου

Η περιοχή έχει κηρυχθεί προστατευόμενη περιοχή για τα πουλιά, έτσι η μονή κάθε χρόνο ελευθερώνει έναν σημαντικό αριθμό πουλιών. Παρόλα αυτά υπάρχουν πολλοί ασυνείδητοι κυνηγοί που θηρεύουν, ώστε να εκμεταλλευτούν το συγκεκριμένο γεγονός. Το ερειπωμένο κάστρο μέχρι πριν από λίγα χρόνια αναστηλώνεται και δίπλα ακριβώς κατασκευάζονται νέες κατοικίες για την μονή, όπου θα μπορούν να φιλοξενήσουν πληθυσμό έως και 50 ατόμων.



Φωτογραφία 3.4: Άποψη από τα νέα καταλύματα στην περιοχή της Αγίας κυριακής

Στην φωτογραφία 3.4 φαίνονται τα νέα κτήρια που κατασκευάζει το μοναστήρι, όπου θα παρέχουν στέγη σε πληθυσμό 50 ατόμων. Τα κτήρια αναμένεται να χρησιμοποιηθούν μέσα στο 2006 ή το αργότερο το 2007. Μέσα στο μοναστήρι της αγίας κυριακής έχουν φυτευτεί πολλά φυτά, που ποτίζονται σχεδόν σε καθημερινή βάση από τις μοναχές. Λίγο πιο πάνω από την μονή, έχει εγκατασταθεί γεώτρηση, με πρωτοβουλία της μονής Χρυσοπηγής, ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες των μοναχών. Η διάμετρος της διάτρησης είναι 12,5 ίντσες, ενώ η διάμετρος της τελικής σωληνώσεως είναι 6,75 ίντσες. Η διάμετρος του χαλικοφίλτρου είναι 3 – 15 cm , ο τύπος των φίλτρων είναι γέφυρας, και το άνοιγμα αυτών στα 2,5 mm. Το πιεζόμετρο είναι σωλήνας 3,4 ιντσών σε βάθος 96m. Η αντλία έχει τοποθετηθεί σε βάθος 87m. Δίπλα υπάρχει μία γεώτρηση του ΟΑΔΥΚ

βάθους περίπου 60μ που δεν λειτουργεί. Η τροφοδοσία γίνεται από τον ποταμό, όταν η στάθμη κατέβει κάτω του περιφραγματικού (24μ) το νερό γίνεται θολό.

Η γεώτρηση έχει φτάσει στα 160 m , όπου δεν έχει βρει ασβεστόλιθο. Μόνο σχιστόλιθο και χαλίκια. Αυτό σημαίνει ότι η γεώτρηση δεν έχει φτάσει στον υπόγειο υδροφορέα, αλλά τραβάει νερό μόνο από επιφανειακές απορροές νερού, οι οποίες εξαρτώνται από τις εκάστοτε βροχοπτώσεις. Η Στάθμη βρίσκεται στα 12m , ενώ αν τραβάει η γεώτρηση $4\text{m}^3/\text{hr}$ τότε η στάθμη κατεβαίνει στα 60m. Τους καλοκαιρινούς μήνες κυρίως αλλά και σε περιόδους υγρασίας παρατηρείται στο νερό θολούρα, ενώ απατώνται και πολλά φερτά υλικά, πράγμα που δημιουργεί υποψίες για την καταλληλότητα του νερού.

Κεφάλαιο 4^ο – Μεθοδολογία

Μία σειρά από εργασίες πραγματοποιήθηκαν για την συλλογή και επεξεργασία των στοιχείων από το πεδίο. Έγινε η καταγραφή της βροχόπτωσης, η μέτρηση των παροχών των πηγών. Επίσης υπολογίστηκε η διήθηση του εδάφους, η δυνητική εξατμισοδιαπνοή και τέλος έγιναν οι χημικές αναλύσεις των υδάτων. Για την μέτρηση και τον υπολογισμό των παραπάνω στοιχείων χρησιμοποιήθηκε ειδικός εξοπλισμός, τόσο του Πολυτεχνείου Κρήτης, όσο και στο εργαστήριο Περιβαλλοντικής Χημείας και Βιοχημικών διεργασιών του τμήματος Φυσικών πόρων και Περιβάλλοντος του ΤΕΙ Κρήτης. Η μέτρηση των στοιχείων του πεδίου, διήρκεσε ένα χρόνο και οι τιμές λήφθηκαν κατά το έτος 2004 (01/01/04 έως 31/12/04). Στη συνέχεια αναλύεται περιληπτικά η μεθοδολογία για κάθε μία εργασία ξεχωριστά.

4.1 Βροχομετρικοί σταθμοί

Από τις αρχές του έτους του 2004 είχαν στηθεί στον ευρύτερο χώρο της μονής δύο βροχομετρικοί σταθμοί, με υψομετρική διαφορά μεταξύ τους ώστε να συλλεχθούν όσο το δυνατόν καλύτερες πληροφορίες για την βροχόπτωση στην περιοχή. Ο πρώτος βροχομετρικός σταθμός στήθηκε στην πηγή του κάστρου ενώ ο δεύτερος στον χώρο ανάμεσα στην πηγή των Επτά παιδών και στη γεώτρηση. Στην φωτογραφία 4.1 μπορούμε να δούμε πως ακριβώς είναι ο αυτοσχέδιος βροχομετρικός σταθμός και πως στήθηκε.



Φωτογραφία 4.1: Αυτοσχέδιος βροχομετρικός σταθμός

Η μέτρηση των βροχοπτώσεων γινόταν σε εβδομαδιαία βάση, ή μετά από έντονη βροχόπτωση, ώστε οι τιμές να είναι όσο το δυνατό αντικειμενικότερες.

Στην πορεία όμως προέκυψε ένα απρόοπτο πρόβλημα, αφού οι βοσκοί που βρίσκονται στις γύρω περιοχές, προφανώς φοβούμενοι ότι ο βροχομετρικός σταθμός ήταν κάτι κακό είτε για αυτούς είτε για τα ζώα τους κατέστρεψαν δις τον βροχομετρικό σταθμό στην πάνω πηγή.

Έτσι αναγκαστικά τα στοιχεία που συλλέχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται μόνο στον έναν βροχομετρικό σταθμό.

4.2 Μέτρηση παροχών

Ανά εβδομαδιαία βάση επίσης λήφθηκαν και μετρήσεις στις παροχές των πηγών. Αυτό αποσκοπεί ώστε να είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε πόση είναι η ποσότητα νερού που μπορούμε να εκμεταλλευτούμε από τις πηγές.

Οι μετρήσεις γινόνταν με ένα παροχόμετρο και ένα χρονόμετρο. Ανάλογα με την εκροή των πηγών, επιλεγόταν και ο χρόνος που θα μετρούσαμε την παροχή. Αυτό γινόνταν διότι οι πηγές σχεδόν ποτέ δεν είχαν μεγάλες παροχές. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν αναφέρονται και αυτά στο έτος 2004.

Έγιναν προσπάθειες να μετρηθεί σωστά η ποσότητα νερού που αντλούσε η γεώτρηση, που έχει φτιάξει η μονή για να καλύψει τις ανάγκες της, όπως επίσης και σε τι βάθος βρίσκεται η γεώτρηση, αλλά δυστυχώς κάποιες απροσεξίες κατά την κατασκευή της γεώτρησης είχαν σαν αποτέλεσμα το μανόμετρο που βρίσκεται στη γεώτρηση να καλυφθεί με τσιμέντο, καθώς επίσης και το ρολόι της γεώτρησης είχε χαλάσει. Η σκέψη αντικατάστασης του εγκαταλείφθηκαν σύντομα αφού το κόστος αντικατάστασης ήταν αρκετά μεγάλο.

Παρόλα αυτά το πρόβλημα λύθηκε, αφού πάρθηκαν οι μετρήσεις του ρολογιού της ΔΕΗ που αφορούσαν στην λειτουργία της γεώτρησης. Γνωρίζοντας την εταιρία κατασκευής της γεώτρησης και χρησιμοποιώντας το διαδίκτυο βρέθηκε εν τέλει η ποσότητα του νερού με την οποία τροφοδοτεί το μοναστήρι η γεώτρηση. Για την κατανάλωση ρεύματος από την γεώτρηση υπάρχει ρολόι που μετράει μόνο αυτήν την κατανάλωση. Έτσι μπορούμε να γνωρίζουμε την ποσότητα του ρεύματος που καταναλώνει. Γνωρίζοντας την εταιρία κατασκευής του μηχανισμού της γεώτρησης, βρήκαμε στο διαδίκτυο όλα τα σχετικά στοιχεία κατανάλωσης του μηχανισμού, και έτσι καταφέραμε να υπολογίσουμε την ποσότητα άντλησης, που καλύπτει τις ανάγκες της μονής.

Σχετικά με το βάθος που βρίσκεται η γεώτρηση, έπειτα από επικοινωνία με τον κύριο Γεωργιλά Θεόδωρο, ο οποίος είναι γεωλόγος, και ήταν ο υπεύθυνος κατασκευής της γεώτρησης μας, έδωσε όλες τις σχετικές πληροφορίες, καθώς επίσης και έκανε μερικές παρατηρήσεις σχετικά με την κατάσταση λειτουργίας του.

4.3 Πείραμα Διήθησης

Στο πεδίο επίσης μετρήθηκε και η διήθηση του εδάφους, με ειδικά όργανα από το εργαστήριο υδρογεωχημικής μηχανικής και αποκατάστασης εδαφών.

Οι μετρήσεις αυτές έγιναν σε διαφορετικά μέρη ώστε να υπάρχει μία σφαιρικότερη εικόνα της γεωλογίας της περιοχής. Και στο σημείο αυτό υπήρξε πρόβλημα που το δημιούργησαν οι βοσκοί της περιοχής, αφού είχαν κλείσει την πάνω πηγή με συρματοπλεγμα και δεν υπήρχε τρόπος εισόδου ώστε να μετρηθεί και εκεί η διήθηση του εδάφους.

Για να παρθούν όσο το δυνατόν πιο σωστές μετρήσεις, η κάθε μέτρηση πραγματοποιήθηκε τρεις φορές. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι η διενέργεια των μετρήσεων αυτών ήταν πολύ δύσκολη, αφού το έδαφος ήταν πολύ σκληρό, γεγονός που δυσχέραινε την εργασία.

4.3.1 Υπολογισμός διήθησης

Πεδίο

Χρήση κατάλληλης συσκευής για την καταγραφή της πτώσης στάθμης του νερού με τον χρόνο.



Φωτογραφία 5.2: Η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε για τα πειράματα της διηθητικής ικανότητας στο πεδίο

Μοντελοποίηση δεδομένων από πειράματα διηθητικής ικανότητας στο πεδίο με την χρήση της εξίσωσης του Horton σε περιβάλλον excel.

Θεωρητικό υπόβαθρο:

- Η εμπειρική εξίσωση Horton, είναι:

$$f = f_c + (f_{co} - f_c) * e^{(-kt)}$$

όπου:

- f : η ταχύτητα διήθησης του μοντέλου (cm/min)
- f_c : η ταχύτητα διήθησης του πεδίου (cm/min)
- f_{co} : η αρχική ταχύτητα διήθησης του πεδίου (cm/min)
- k : σταθερά
- t : ο χρόνος διήθησης (min)

Χρήση του excel για την μοντελοποίηση με την εξίσωση Horton:

- Μεταφορά του πίνακα του πεδίου σε πίνακα του excel και μετατροπή του time σε min.
- Υπολογισμός του dh/dt σε π.χ. cm/min.
- Υπολογισμός του f(t) με τον τύπο του Horton.
- Υπολογισμός του SUM(RMSE).
- Επιλογή του Solver από τα Tools

(Σταμάτη Φ, Νικολαΐδης Ν., 2005)

4.4 Υπολογισμός Εξατμισοδιαπνοής

Για την περιοχή προσδιορίστηκε και η δυνητική εξατμισοδιαπνοή. Για τον υπολογισμό της χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Penman – Monteith. Στη συνέχεια ακολουθεί μία σύντομη περιγραφή της θεωρίας και της μεθοδολογίας.

4.4.1 Penman – Monteith

Χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό ενεργειακού ισοζυγίου και της μεθόδου "συντελεστή μαζικής μεταφοράς" για την θερμότητα και τους υδρατμούς, ο Penman (1948) παρήγαγε μια σχέση προσδιορισμού της εξατμησης πάνω από ελεύθερο νερό και κορεσμένες επιφάνειες γης. Η εξίσωση του Penman είτε στην αρχική είτε στην ελαφρά τροποποιημένη της μορφή έχει χρησιμοποιηθεί ευρύτατα για την εκτίμηση της δυνητικής εξατμησης ή εξατμισοδιαπνοής, ειδικά σε υδρολογικές και γεωργικές εφαρμογές.

Εδώ παρουσιάζεται η τροποποιημένη Penman καθώς φαίνεται να δίνει καλύτερα αποτελέσματα στις περιπτώσεις εξατμησης από εδάφη. Η εξατμηση σε μονάδες μάζας ανά μονάδα επιφάνειας και ανά μονάδα χρόνου δίνεται από τη εξίσωση:

$$E' = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma'} \frac{Rn}{\lambda} + \frac{\gamma'}{\Delta + \gamma'} F(u) D$$

i) Δ η κλίση καμπύλης πίεση κορεσμού υδρατμών:

$$\Delta = \frac{4098e^*}{(T + 237,3)^2}, hPa/^{\circ}C$$

η πίεση κορεσμού των υδρατμών

$$e^* = 6.11 \exp\left(\frac{17.27T}{T + 237,3}\right), hPa$$

και T η θερμοκρασία του αέρα σε $^{\circ}C$

ii) γ' συντελεστής

$$\gamma' = \gamma \cdot (1 + 0,33u)$$

ο ψυχομετρικός συντελεστής $\gamma = \frac{c_p \cdot p}{e \cdot \lambda}$, hPa/°C

η ειδική θερμότητα (αέρα για σταθερή πίεση) $c_p = 1,013 \text{ kJ/kg/}^\circ\text{C}$

η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης $\lambda = 2501 - 2,361T_s$, kJ/kg

όπου T_s η θερμοκρασία στην επιφάνεια του νερού σε °C

η ατμοσφαιρική πίεση σε $p = 1013 \cdot (1 - 2.218 \cdot 10^{-5} Z)^{5,256}$, hPa

όπου Z το υψόμετρο σε m

iii) Το αλγεβρικό άθροισμα των εισερχόμενων – εξερχόμενων ακτινοβολιών ισούται με $R_n = S_n - L_n$, όπου S_n το αλγεβρικό άθροισμα εισερχόμενης – ανακλώμενης μικροκυματικής ακτινοβολίας και L_n η καθαρή ακτινοβολία.

Το αλγεβρικό άθροισμα της εισερχόμενης – ανακλώμενης μικροκυματικής ακτινοβολίας

$$S_n = (1-r) \cdot S_o \cdot (0,29 \cos \phi + 0,55 n/N), \text{ kJ/m}^2/\text{d}$$

S_o εξωγήινη ηλιακή ακτινοβολία, kJ/m²/ημέρα.

Πίνακας 4.1: Μέσες μηνιαίες τιμές της εξωγήινης ηλιακής ακτινοβολίας S_o σε kJ/(m² d) για γεωγραφικά πλάτη (ϕ) 36° – 46° στο Βόρειο Ημισφαίριο

Μήνας	Γεωγραφικό πλάτος ϕ (°)					
	36	38	40	42	44	46
Ιανουάριος	17604	16383	15156	13926	12696	11470
Φεβρουάριος	22349	21230	20092	18935	17762	16575
Μάρτιος	28967	28100	27198	26265	25300	24305
Απρίλιος	35447	34964	34441	33878	33278	32641
Μάιος	39820	39711	39564	39380	39161-	38908'
Ιούνιος	41571	41658	41711	41730	41718	41677
Ιούλιος	40725	40731	40701	40637	40539	40410
Αύγουστος	37255	36942	36590	36199	35771	35306
Σεπτέμβριος	31510	30800	30053	29271	28453	27601
Οκτώβριος	24651	23624	22571	21494	20395	19274
Νοέμβριος	18879	17689	16488	15279	14065	12849
Δεκέμβριος	16230	14993	13755	12519	11289	10069

r λευκαύγεια, λόγος της ανακλώμενης προς την προσπίπτουσα ακτινοβολίας (albedo)

η η μέση παρατηρηθείσα ηλιοφάνεια ανά ημέρα, h
N η μέση μηνιαία τιμή της αστρονομικής διάρκειας της ημέρας
ανάλογα το γεωγραφικό πλάτος, h

Πίνακας 4.2: Μέσες μηνιαίες τιμές της αστρονομικής διάρκειας ημέρας N σε ώρες για γεωγραφικά πλάτη (φ) 36° – 46° στο Βόρειο Ημισφαίριο

Μήνας	Γεωγραφικό πλάτος φ(ο)					
	36	38	40	42	44	46
Ιανουάριος	9,8	9,7	9,5	9,3	9,1	8,9
Φεβρουάριος	10,6	10,5	10,4	10,3	10,2	10,1
Μάρτιος	11,7	11,7	11,7	11,7	11,6	11,6
Απρίλιος	12,9	13,0	13,0	13,1	13,2	13,3
Μάιος	13,9	14,0	14,2	14,4	14,5	14,7
Ιούνιος	14,4	14,6	14,8	15,0	15,2	15,5
Ιούλιος	14,2	14,4	14,5	14,7	14,9	15,2
Αύγουστος	13,4	13,5	13,6	13,7	13,8	13,9
Σεπτέμβριος	12,2	12,2	12,3	12,3	12,3	12,3
Οκτώβριος	11,1	11,0	10,9	10,8	10,7	10,7
Νοέμβριος	10,1	9,9	9,8	9,6	9,4	9,2
Δεκέμβριος	9,6	9,4	9,2	9,0	8,8	8,5

Η καθαρή μακροκυματική ακτινοβολία L_n δίνεται από την εξίσωση

$$L_n = \varepsilon_n \cdot f_L \cdot \sigma \cdot (T + 273)^4$$

σ σταθερά Stefan Boltzman $\sigma = 4,9 \cdot 10^{-6} \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K}^4\text{d})$,
καθαρή ικανότητα θερμικής εκπομπής $\varepsilon_n = a_e - b_e \sqrt{e}$

$a_e = 0,56$ και $b_e = 0,08$ συντελεστές κατά Penman
η τάση ατμών $e = U \cdot e_s$, hPa (U σχετική υγρασία, %)
συντελεστής επίδρασης νέφωσης $f_L = a_L + b_L \cdot n/N$
 $a_L = 0,1$ και $b_L = 0,9$ συντελεστές κατά Penman

iv) $F(u)$ συνάρτηση ανέμου για οποιαδήποτε πυκνότητα και πίεση

$$F(u) = \frac{90}{T + 275} u, \text{ (kg/(hPa m}^2\text{d))}$$

u (m/s), η ταχύτητα του ανέμου 2m από την επιφάνεια του εδάφους.

ν) D το έλλειμμα κορεσμού των υδρατμών προκύπτει από την εξίσωση
 $D = e_s - e$ (Σταμάτη, 2004)

4.4.2 Μέθοδος Thornthwaite

Ο Thornthwaite (1948) περιέγραψε την βιολογική και φυσική σημασία της εξατμισοδιαπνοής στην κλιματική ταξινόμηση και ανέπτυξε μια εξίσωση για την εκτίμηση της ET_p . Η μέθοδος Thornthwaite για την εκτίμηση μηνιαίων τιμών της ET_p δίνεται από τη σχέση

$$ET_p = 16 \left(\frac{I_1}{12} \right) \cdot \left(\frac{10T_i}{I} \right)^a \cdot \left(\frac{N}{30} \right)$$

όπου

ET_p : η δυνητική εξατμισοδιαπνοή (mm/μήνα)

I_1 : οι πραγματικές ώρες της ημέρας (hr)

T_i : η μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα (°C)

N : ο αριθμός των ημερών του μήνα

a : μια εμπειρική παράμετρος που εξαρτάται από τον δείκτη I

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 1,79 \cdot 10^{-2} I + 0,49$$

ή $a = 0,16 \cdot I + 0,5$

I : είναι ένας δείκτης θερμότητας που αποτελεί το άθροισμα των 12 μηνιαίων τιμών του δείκτη I που υπολογίζεται ως ακολούθως:

$$i = \left(\frac{T_i}{5} \right)^{1.514} \quad (\text{Σταμάτη, 2006})$$

4.5 Προσομοίωση της υδρολογίας της λεκάνης απορροής της Αγίας Κυριακής

Η προσομοίωση της υδρολογίας της λεκάνης απορροής της Αγίας Κυριακής έγινε με την χρήση του μοντέλου ETD. Το μοντέλο ETD (Enhanced Trickle-Down Model) είναι ένα διαμερισματοποιημένο μοντέλο που μελετά την όξινη εναπόθεση σε υδάτινα και χερσαία οικοσυστήματα. Αντιμετωπίζει κάθε ένα από τα έξι υπο-τμήματα του περιβάλλοντος (Ατμόσφαιρα, Χιόνι,

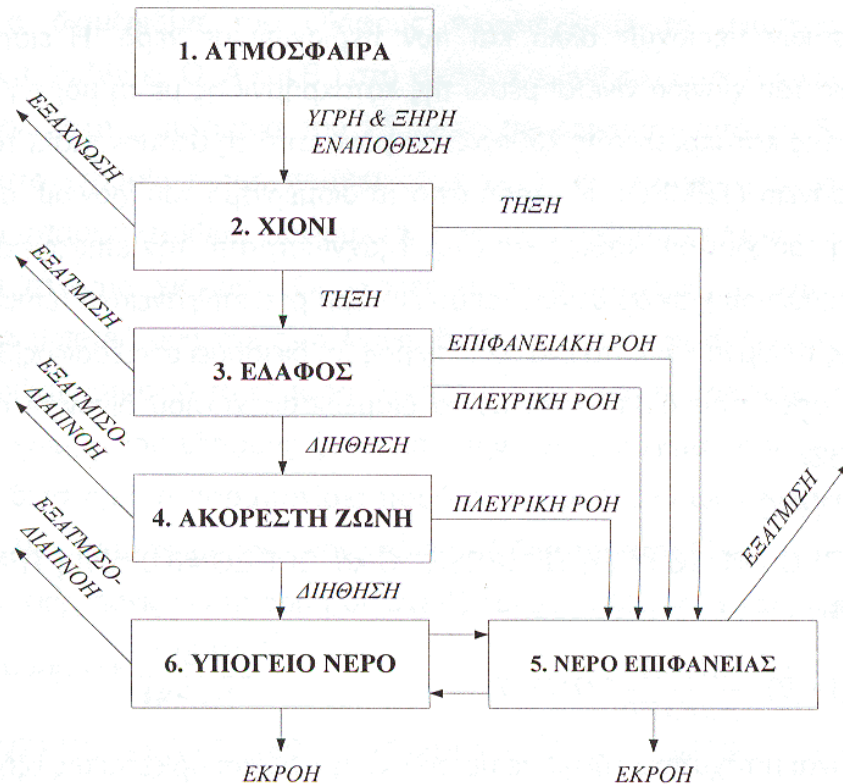
Έδαφος, Ακόρεστη Ζώνη, Επιφανειακά Νερά, Υπόγειο Νερό) ως έναν αντιδραστήρα πλήρους ανάδευσης και συνεχούς λειτουργίας. Μια απεικόνιση των διαμερισμάτων παρουσιάζεται στο σχήμα 4.1. Το μοντέλο είναι ένας συνδυασμός από τέσσερα υπο-μοντέλα. Το υδρολογικό υπο-μοντέλο, το υπο-μοντέλο της αλκαλικότητας, το υπο-μοντέλο των θειικών και τέλος, το υπο-μοντέλο των χλωριούχων. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε μόνο το υδρολογικό υπο-μοντέλο (Nikolaidis etc. , 1994).

Το Υδρολογικό υπο-μοντέλο περιγράφει τις ροές από και προς τα διαμερίσματα. Προσομοιώνει το λιώσιμο του χιονιού, την εσωτερική ροή μεταξύ των διαμερισμάτων (interflow) , την επιφανειακή ροή, την υπόγεια ροή, τη ροή που οφείλεται στα φαινόμενα πάγου (frost driven flow) , τη διήθηση και την εξατμισοδιαπνοή.

Το μοντέλο βασίζεται στα φορτία των κατακρημνισμάτων, της αλκαλικότητας, των θειικών και των χλωριούχων. Το σύστημα από 20 διαφορετικές εξισώσεις των τεσσάρων υπομοντέλων λύνεται με τη χρήση της αριθμητικής μεθόδου του Hamming (Hamming's variable time step fourth-order predictor-corrector numerical scheme [Georgakakos, 1984]. Το γήινο τμήμα της λεκάνης απορροής χωρίζεται σε τρία διαμερίσματα (έδαφος, ακόρεστη ζώνη, υπόγειο νερό). Οι ορίζοντες του εδάφους (soil horizons) O, A και B ορίζουν το διαμέρισμα του εδάφους. Οι ορίζοντες BC και C ορίζουν το σύστημα ροής της ακόρεστης ζώνης και των υπογείων νερών στις περισσότερες περιπτώσεις. Οι ορίζοντες BC και C 1 περιέχουν το τμήμα της ακόρεστης ζώνης και ο C2 περιέχει το τμήμα του υπόγειου νερού. Αν η κατακρήμνιση νερού είναι έντονη, είναι πιθανόν ένα μέρος του ορίζοντα B να κορεστεί. Είναι επίσης πιθανόν κατά περιόδους μεγάλης ξηρασίας, μέρος των οριζόντων C1 ή/ και C2 να περάσουν σε ακόρεστη κατάσταση. Τέτοιες δυνατότητες υπολογίζονται στο ETD μέσω της περιεχόμενης υγρασίας (βάθος νερού) σε κάθε διαμέρισμα. (Nikolaidis etc. , 1993)

Σημειώνουμε ότι, το μοντέλο ETD μέχρι σήμερα είχε χρησιμοποιηθεί για λεκάνες απορροής που βρίσκονται σε περιοχές με υγρό κλίμα. Έτσι στην περίπτωση της λεκάνης απορροής της Αγίας κυριακής που χαρακτηρίζεται από μεσογειακό ημίξηρο κλίμα οι πρώτες προσομοιώσεις παρουσίασαν κάποια αστάθεια. Το πρόβλημα εντοπίστηκε κατά την περίοδο ξηρασίας των

θερινών μηνών, με χαμηλή απορροή. Το πολύ μικρό βάθος του εδάφους, η χαμηλή κατακόρυφη και η υψηλή εγκάρσια διαπερατότητα είχαν ως αποτέλεσμα το διαμέρισμα του εδάφους να μη συγκρατεί νερό. Στο σχήμα 4.1 παρουσιάζονται τα διαμερίσματα των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στο μοντέλο. (Nikolaidis etc. , 1991)



Σχήμα 4.1 : Σχηματική παρουσίαση των διαμερισμάτων και των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στο μοντέλο ETD.

Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζεται ο πίνακας των παραμέτρων του μοντέλου ETD που λήφθηκαν υπόψη ώστε να τρέξει και να μας δώσει τα αποτελέσματα (Nikolaidis etc. , 1989).

Πίνακας 4.1: Πίνακας παραμέτρων μοντέλου ETD

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΜΟΝΤΕΛΟ	
Q(1,2)	Ροή ύδατος από το χιόνι στην ατμόσφαιρα (εξάχνωση)
Q(2,1)	Ροή ύδατος από την ατμόσφαιρα στο χιόνι (κατακρήμνιση)
Q(1,3)	Ροή ύδατος από το έδαφος στην ατμόσφαιρα (εξατμισοδιαπνοή)
Q(3,1)	Ροή ύδατος από την ατμόσφαιρα στο έδαφος (κατακρήμνιση)
Q(1,4)	Ροή ύδατος από την ακόρεστη ζώνη στην ατμόσφαιρα (εξατμισοδιαπνοή)
Q(1,5)	Ροή ύδατος από το επιφανειακό νερό στην ατμόσφαιρα (εξάτμιση)
Q(5,1)	Ροή ύδατος από την ατμόσφαιρα στο επιφανειακό νερό (κατακρήμνιση)
Q(1,6)	Ροή ύδατος από το υπόγειο νερό στην ατμόσφαιρα (εξατμισοδιαπνοή)
Q(5,2)	Ροή από το χιόνι στο επιφανειακό νερό (τήξη χιονιού)
Q(3,2)	Ροή ύδατος από το χιόνι στο έδαφος (τήξη χιονιού)
Q(5,3)	Ροή ύδατος από το έδαφος στο επιφανειακό νερό (εγκάρσια ροή)
Q(4,3)	Ροή ύδατος από το έδαφος στην ακόρεστη ζώνη (διήθηση)
Q(5,4)	Ροή από την ακόρεστη ζώνη στον επιφανειακό υδάτινο αποδέκτη (εγκάρσια ροή)
Q(6,4)	Ροή ύδατος από την ακόρεστη ζώνη στο υπόγειο νερό (διήθηση)
Q(5,6)	Ροή ύδατος από το υπόγειο νερό στο επιφανειακό νερό
Q(6,5)	Ροή ύδατος από το επιφανειακό νερό στο υπόγειο νερό (Διαρροή)
QMELT	Ροή ύδατος λόγω τήξης του χιονιού
QEVAP	Εξάτμιση
OVLAND	Ροή επιφανειακή ύδατος
Qout	Προβλεπόμενη εκροή επιφανειακού ύδατος από τη λίμνη
h(2)	Ισοδύναμο ύψος (βάθος) νερού στο χιόνι
h(3)	Ισοδύναμο ύψος (βάθος) νερού στο έδαφος
h(4)	Ισοδύναμο ύψος (βάθος) νερού στην ακόρεστη ζώνη
h(5)	Ισοδύναμο ύψος (βάθος) νερού στον επιφανειακό υδάτινο
h(6)	Ισοδύναμο ύψος (βάθος) νερού στο υπόγειο νερό
AREAA	Υδάτινη επιφάνεια της λεκάνης απορροής(lake surface area)
AREAT	Χερσαία επιφάνεια της λεκάνης απορροής
AREATT	Συνολική επιφάνεια της λεκάνης απορροής
PERIC	Μήκος της περιμέτρου της λεκάνης
PERIL	Μήκος της περιμέτρου της λίμνης
STAGE	Προβλεπόμενο βάθος λίμνης
SLOPE	Μέση επιφανειακή κλίση της λεκάνης απορροής
TEMPC	Θερμοκρασία αέρα στην επιφάνεια
SPREC	Χιόνι
WPREC	Κατακρήμνιση
CLAT	Χαρακτηριστική παράμετρος για την εγκάρσια ροή
CSEEP	Χαρακτηριστική παράμετρος διαρροής
HGR	Απόλυτη διαφορά του πιεζομετρικού ύψους
Y1	Συντελεστής ο οποίος ερμηνεύει την παρουσία ή απουσία του snowpack

kb	Συντελεστής διαπνοής
β	Κλάσμα λιωμένου χιονιού που οδηγείται στη λίμνη με επιφανειακή ροή
d1	Κλάσμα περιμέτρου της λίμνης
FRAX	Κλάσμα εξατμισοδιαπνοής από την ακόρεστη ζώνη
α1	Διορθωτικός παράγοντας για το Lake - seepage
α2	Διορθωτικός παράγοντας για το groundwater - seepage
KPAN2	Συντελεστής διόρθωσης για την εξάτμιση του διαμερίσματος του χιονιού
KPAN3	Συντελεστής διόρθωσης για την εξάτμιση του διαμερίσματος του εδάφους
KPAN5	Συντελεστής διόρθωσης για την εξάτμιση του διαμερίσματος του επιφανειακού νερού
KLAT3	Συντελεστής διόρθωσης για την εγκάρσια ροή για το διαμέρισμα του εδάφους
KLAT4	Συντελεστής διόρθωσης για την εγκάρσια ροή για το διαμέρισμα της ακόρεστης ζώνης
KPERC3	Συντελεστής διόρθωσης για την κατακόρυφη υδραυλική αγωγιμότητα για το διαμέρισμα του εδάφους
KPERC4	Συντελεστής διόρθωσης για την κατακόρυφη υδραυλική αγωγιμότητα για το διαμέρισμα της ακόρεστης ζώνης
CBED	Ενεργή υδραυλική αγωγιμότητα του επιφανειακού στρώματος νερού
DEP3	Βάθος του διαμερίσματος του εδάφους
DEP4	Βάθος του διαμερίσματος της ακόρεστης ζώνης
DEP6	Βάθος του διαμερίσματος του υπόγειου νερού
DEPBR	Μέσο βάθος του bedrock στη λεκάνη απορροής
DIST	Απόσταση μεταξύ του κέντρου μάζας της λεκάνης απορροής και της λίμνης
KHL	Οριζόντια υδραυλική αγωγιμότητα της ακόρεστης ζώνης
KHU	Οριζόντια υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους
KVL	Κατακόρυφη υδραυλική αγωγιμότητα της ακόρεστης ζώνης
KVU	Κατακόρυφη υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους
LZSSAT	Ισοδύναμο βάθος της αποθηκευτικής ικανότητας νερού της ακόρεστης ζώνης υπό υποθετικές συνθήκες κορεσμού
UZSSAT	Ισοδύναμο βάθος της αποθηκευτικής ικανότητας νερού του εδάφους υπό συνθήκες κορεσμού
PORE3	Πορώδες στο διαμέρισμα του εδάφους
PORE4	Πορώδες στο διαμέρισμα της ακόρεστης ζώνης
PORE6	Πορώδες στο διαμέρισμα του υπόγειου νερού

(Σταμάτη Φ., Παλιατζίκη Α., 2004)

4.5.1 Υδρολογικό μοντέλο

Μια αναπαράσταση του υδρολογικού μοντέλου με τα μονοπάτια ροής μεταξύ των διαφόρων διαμερισμάτων παρουσιάζεται στο σχήμα 5.1. Η περιγραφή των μεταβλητών που χρησιμοποιούνται παρακάτω βρίσκονται στο τέλος του κεφαλαίου. Ακολουθεί μια λεπτομερής περιγραφή κάθε διαμερίσματος και της ροής που σχετίζεται με κάθε ένα. Το $Q(i,j)$ συμβολίζει τη ροή από το διαμέρισμα j στο διαμέρισμα i σε μέτρα ανά ημέρα (meters per day) και το $h(i)$, το ισοδύναμο βάθος του νερού στο διαμέρισμα i σε μέτρα (meters). Όλες οι υπόγειες ροές μοντελοποιούνται με βάση τη Darcian ροή αντίστοιχα με το ισοδύναμο κορεσμένο βάθος. Ένας συντελεστής διόρθωσης για κάθε μια ροή, έχει εισαχθεί για να υπολογίζει τη χωρική μεταβλητότητα και λαμβάνεται υπ' όψη σαν παράμετρος (Georgakakos etc. , 1989).

Το διαμέρισμα (τμήμα) του χιονιού συμπεριλαμβάνει τη συνολική ποσότητα χιονιού σε όλη την υδρολογική λεκάνη συμπεριλαμβανομένων και των χερσαίων περιοχών αλλά και των περιοχών με νερό. Η εισροή στο διαμέρισμα του χιονιού γίνεται μέσω της κατακρήμνισης με τη μορφή χιονιού. Η μορφή της κατακρήμνισης καθορίζεται μόνο από τη θερμοκρασία του αέρα στην επιφάνεια (TEMPC). Η εκροή από το διαμέρισμα του χιονιού, οφείλεται στην τήξη του χιονιού, καθώς και στην εξάχνωση από την επιφάνειά του. Η ροή του λιωμένου χιονιού θεωρείται ότι εν μέρη ρέει επιφανειακά (επιφανειακή ροή) προς το ποτάμι και κατά ένα άλλο μέρος ότι διεισδύει στο έδαφος. (Σταμάτη και Παλιατζίκη, 2004)

Πρέπει να τονιστεί στο σημείο αυτό ότι επειδή δεν υπάρχει χιόνι στην περιοχή μας σε καμία περίοδο του έτους, θεωρούμε την επίδραση του μηδενική και δεν την λαμβάνουμε υπόψη στο μοντέλο.

4.6 Χημικές αναλύσεις υδάτων

Σε συνεργασία με τον κύριο Λιδάκη καθηγητή του ΤΕΙ Χανίων και ενός φοιτητή του, έγιναν μικροβιολογικές αναλύσεις στα νερά και των δύο πηγών καθώς επίσης και στο νερό που τροφοδοτεί η γεώτρηση το μοναστήρι και στο ρυάκι που βρίσκεται πλησίον της πηγής των Επτά Παίδων. Επίσης έγιναν μετρήσεις του Ρh του νερού, των ιόντων ασβεστίου, μαγνήσιου του ξηρού υπολείμματος, των βακτηρίων, του στερεού υπολείμματος, των χλωριόντων και της αγωγιμότητας. Λήφθηκαν δείγματα και αφού μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Περιβαλλοντικής Χημείας και Βιοχημικών φιεργασιών του τμήματος φυσικών πόρων και Περιβάλλοντος του ΤΕΙ Κρήτης αναλύθηκαν. Εν συνεχεία τα αποτελέσματα των αναλύσεων αυτών συγκρίθηκαν με τα όρια που έχει επιβάλει η ΕΕ για να θεωρείται το νερό κατάλληλο προς χρήση.

Κεφάλαιο 5^ο - Αποτελέσματα

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναλύθηκε η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την λήψη των στοιχείων και των μετρήσεων. Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται όλες οι μετρήσεις, που αφορούν το υδατικό ισοζύγιο και την ποιότητα του νερού.

5.1 Βροχόπτωση

Σχετικά με την βροχόπτωση έχουν ληφθεί μετρήσεις για την χρονική διάρκεια, από το έτος 2002 έως και το 2004.

Θα πρέπει να τονιστεί στο σημείο αυτό ότι οι μετρήσεις αφορούν την περιοχή της Αγίας Κυριακής και της γύρω περιοχής (Βαρύπετρο).

Στον Πίνακα 6.1 παρουσιάζεται αναλυτικά η ποσότητα βροχόπτωσης μετρημένη αυτή τη φορά σε ml ανά μήνα.

Πίνακας 5.1.1: Πίνακας βροχόπτωσης σε ml, ανά μήνα στο σταθμό της Αγίας Κυριακής

Βροχομετρικό σταθμός	Ποσότητα βροχόπτωσης (ml) το 2004
Ιανουάριος	5460
Φεβρουάριος	4450
Μάρτιος	3240
Απρίλιος	138
Μάιος	50
Ιούνιος	0
Ιούλιος	0
Αύγουστος	0
Σεπτέμβριος	0
Οκτώβριος	152
Νοέμβριος	4320
Δεκέμβριος	5250
Σύνολο:	23060
Υπολογιζόμενη βροχόπτωση σε mm	660

Τα στοιχεία στον πίνακα 6.1.1 δείχνουν την βροχόπτωση σε ml. Οι τιμές αυτές αφορούν την ποσότητα που κατέγραφε ο βροχομετρικός σταθμός. Για να υπολογιστεί η βροχόπτωση σε mm αρκεί να διαιρεθεί το εμβαδόν του χωνιού του βροχομετρικού σταθμού με την παραπάνω ποσότητα.

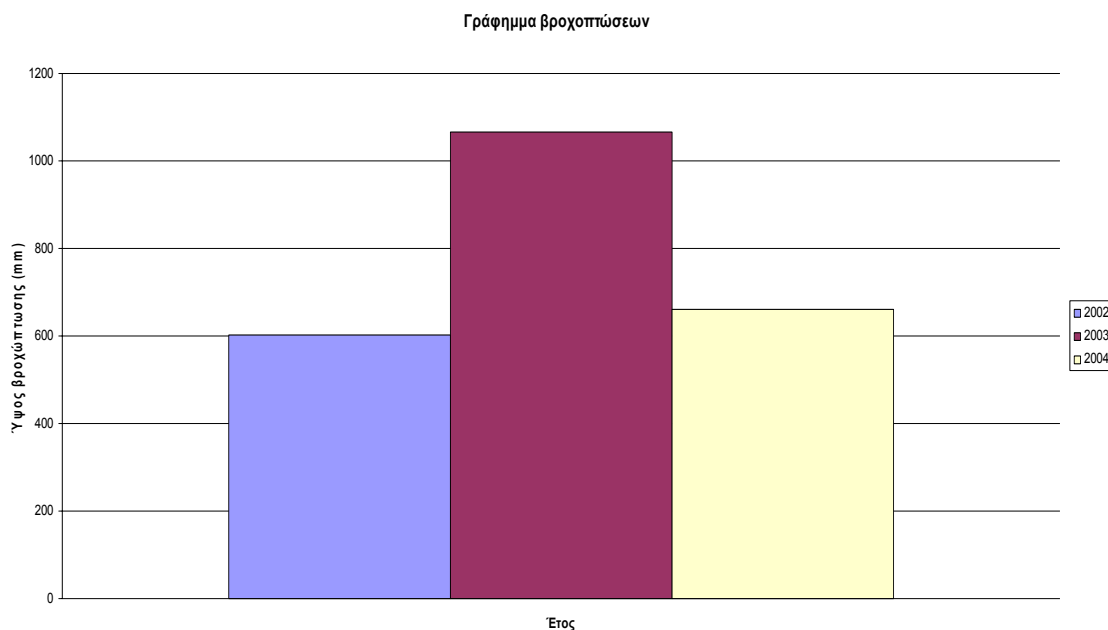
Τα στοιχεία που αφορούν την βροχόπτωση κατά τα έτη 2002 και 2003 παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.2.1:

Πίνακας 5.1.2 Πίνακας βροχόπτωσης σε mm, ανά μήνα στο σταθμό Βαρυπέτρου

Βροχομετρικό σταθμός	Ποσότητα βροχόπτωσης (mm) κατά το έτος 2002	Ποσότητα βροχόπτωσης (mm) κατά το έτος 2003
<i>Ιανουάριος</i>	164	116
<i>Φεβρουάριος</i>	28	305
<i>Μάρτιος</i>	40	243
<i>Απρίλιος</i>	87	114
<i>Μάιος</i>	0	15
<i>Ιούνιος</i>	0	0
<i>Ιούλιος</i>	8	0
<i>Αύγουστος</i>	11	25
<i>Σεπτέμβριος</i>	28	6
<i>Οκτώβριος</i>	35	4
<i>Νοέμβριος</i>	90	93
<i>Δεκέμβριος</i>	111	145
Σύνολο:	602	1066

Η ετήσια βροχόπτωση παρουσιάζεται στο γράφημα 6.1.1.

Γράφημα 5.1.1: Ύψος βροχόπτωσης για τα έτη 2002, 2003 και 2004 μετρημένο σε mm.



Στο παραπάνω γράφημα παρατηρείται ότι κατά το έτος 2003 υπήρξε έντονη βροχόπτωση και το ύψος της βροχής είναι πολύ μεγαλύτερο από τα υπόλοιπα δύο έτη. Σε γενικές γραμμές την τελευταία δεκαετία η βροχόπτωση κυμαίνεται κατά μέσο όρο μεταξύ των 600 και 700 mm. Οι τιμές των βροχοπτώσεων προέρχονται από τις επίσημες μετρήσεις του ΕΘΥΑΓΕ για την περιοχή του βαρύπετρου.

5.2 Παροχές

5.2.1 Παροχή πηγών

Εκτός από την βροχόπτωση, σε τακτά χρονικά διαστήματα, πάρθηκαν μετρήσεις των παροχών των δύο πηγών, της πηγής 7 παιδών και της πηγής Κάστρου. Οι μετρήσεις αυτές λήφθηκαν έπειτα από έντονες βροχοπτώσεις είτε μετά από ένα μικρό χρονικό διάστημα από την προηγούμενη βροχόπτωση. Τα συνολικά στοιχεία για κάθε πηγή φαίνονται στους πίνακες 6.2.1, 6.2.2.

Πίνακας 5.2.1: Πίνακας παροχής πηγής 7 παιδων σε μηνιαία βάση

Πηγή 7 παιδων	Ημερομηνία λήψης	ml se 1'	Όγκος νερού σε L ανά μήνα
<i>Ιανουάριος</i>	18/01/2004	600	26000
	29/01/2004	612	
<i>Φεβρουάριος</i>	3/02/2004	618	26900
	25/02/2004	624	
<i>Μάρτιος</i>	10/03/2004	756	32500
	26/03/2004	750	
<i>Απρίλιος</i>	13/04/2004	726	31000
	22/04/2004	708	
<i>Μάιος</i>	3/05/2004	642	27000
	6/05/2004	630	
	17/05/2004	582	
<i>Ιούνιος</i>	15/06/2004	579	25000
<i>Ιούλιος</i>	17/07/2004	509	22000
<i>Αύγουστος</i>	25/08/2004	416	18000
<i>Σεπτέμβριος</i>	09/09/2004	418	18000
<i>Οκτώβριος</i>	18/10/2004	463	20000
<i>Νοέμβριος</i>	26/11/2004	576	25000
<i>Δεκέμβριος</i>	12/12/2004	630	27500
	18/12/2004	642	
Σύνολο			298900

Πίνακας 5.2.2: πίνακας παροχής πηγής Κάστρου σε μηνιαία βάση

Πηγή Κάστρου	Ημερομηνία λήψης	ml se 1'	Όγκος νερού σε L ανά μήνα
<i>Ιανουάριος</i>	18/01/2004	478	20800
	29/01/2004	484	
<i>Φεβρουάριος</i>	3/02/2004	490	21250
	25/02/2004	494	
<i>Μάρτιος</i>	10/03/2004	760	33000
	26/03/2004	756	
<i>Απρίλιος</i>	13/04/2004	414	17500
	22/04/2004	398	
<i>Μάιος</i>	3/05/2004	186	6000
	6/05/2004	150	
	17/05/2004	120	
<i>Ιούνιος</i>	15/06/2004	116	5000
<i>Ιούλιος</i>	17/07/2004	115	5000
<i>Αύγουστος</i>	25/08/2004	93	4000
<i>Σεπτέμβριος</i>	09/09/2004	0	0
<i>Οκτώβριος</i>	18/10/2004	116	5000
<i>Νοέμβριος</i>	26/11/2004	420	18000
<i>Δεκέμβριος</i>	12/12/2004	448	19500
	18/12/2004	456	
Σύνολο			155050

Δηλαδή 300 m³ είναι η παροχή από την πηγή των Επτά Παίδων και 155 m³ η παροχή από την πηγή του κάστρου. Η συνολική παροχή δηλαδή είναι 455 m³ . Η συγκεκριμένη παροχή αποτελεί μία σεβαστή ποσότητα που βγαίνει από τις πηγές και καταλήγει στο έδαφος.

5.2.2 Παροχή γεώτρησης

Σχετικά με την παροχή της γεώτρησης, έχει ήδη αναφερθεί ότι υπήρχε πρόβλημα σχετικά με την μέτρηση της παροχής της. Τελικά από το ρολόι της ΔΕΗ και με βάση την κατανάλωση ρεύματος της αντλίας, υπολογίστηκαν τα τριμηνιαία αποτελέσματα. Δηλαδή από το διαδίκτυο πάρθηκαν τα στοιχεία της κατανάλωσης ρεύματος του συγκεκριμένου μηχανισμού γεώτρησης για να αντλήσει μία συγκεκριμένη ποσότητα νερού. Έπειτα από το ρολόι της ΔΕΗ βρέθηκε η κατανάλωση ρεύματος του μηχανισμού και εν συνεχεία υπολογίστηκε και η ποσότητα άντλησης νερού από την γεώτρηση. (www.agrokip.gr, www.fluidpowerengineering.gr)

Στον Πίνακα 5.2.3 παρουσιάζονται οι συνολικές παροχές.

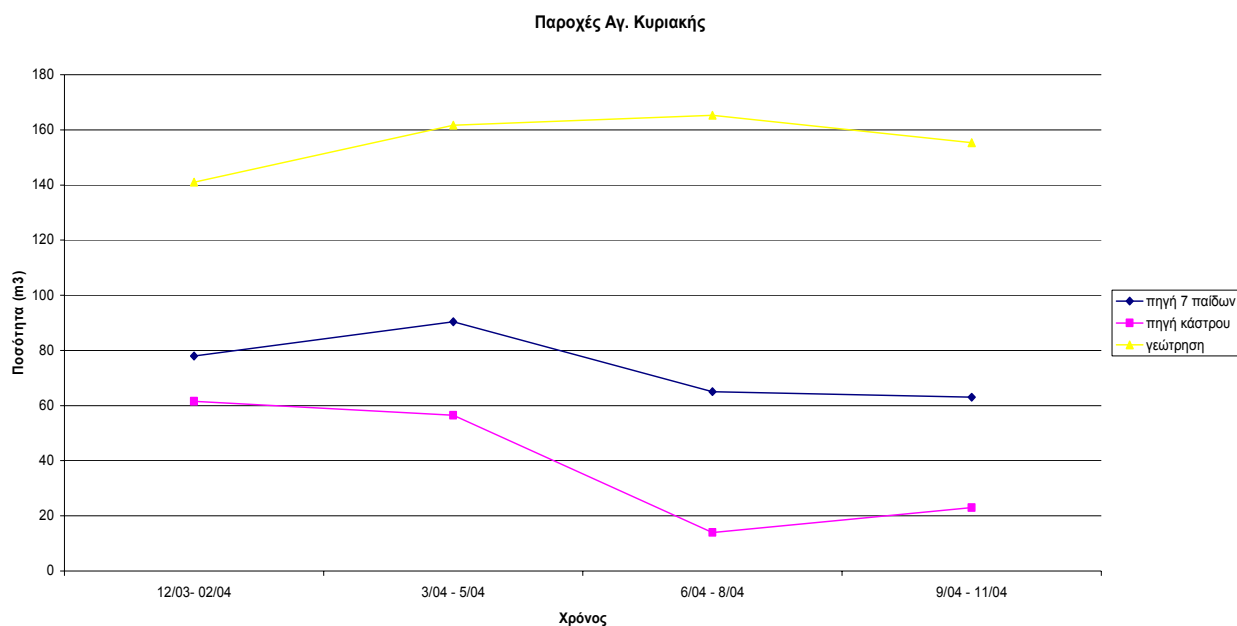
Πίνακας 5.2.3: συνολικών παροχών

Παροχή γεώτρησης	
Περίοδος	Ποσότητα σε m3
12/03- 02/04	141,064
03/04 - 05/04	161,644
06/04 - 08/04	165,314
09/04 - 11/04	155,264
Σύνολο	623,286

5.2.3 Συνολικές παροχές

Παραπάνω αναφέρθηκαν σε πίνακες όλες οι παροχές στην περιοχή της Αγίας Κυριακής. Στη συνέχεια παρουσιάζεται στο γράφημα 6.2.1 οι συνολικές παροχές για το έτος 2004.

Γράφημα 5.2.1: Γράφημα παρουσίασης παροχών στο μοναστήρι της Αγίας Κυριακής



Από το γράφημα, βγαίνει εύκολα το συμπέρασμα ότι η γεώτρηση μπορεί να συνεισφέρει το μεγαλύτερο μέρος της διαθέσιμης παροχής. Στη συνέχεια η πηγή των 7 παιδων προσφέρει ένα σεβαστό ποσό ύδατος, ενώ οι πηγή του Κάστρου, προσφέρει λιγότερο από το αναμενόμενο. Κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες η παροχή της συγκεκριμένης πηγής πλησιάζει σε μηδενικά επίπεδα. Εδώ δημιουργείται το ερώτημα, πως είναι δυνατόν η πηγή αυτή, που βρίσκεται σε μεγαλύτερο υψόμετρο από τις άλλες και σε σχετικά κοντινή απόσταση από την πηγή των επτά παιδων να έχει τόσο χαμηλές παροχές. Μία πιθανή απάντηση είναι ότι μπορεί να συνδέεται με διαφορετικό υδροφόρο ορίζοντα χαμηλότερου δυναμικού από εκείνου που συνδέεται η πηγή των επτά αδερφών.

Αν αθροιστεί η ποσότητα της παροχής από τις δύο πηγές δηλαδή τα 455 m³ και αφαιρεθεί από την συνολική ποσότητα που αντλεί η γεώτρηση (623 m³), τότε υπολογίζεται το ετήσιο έλλειμμα. Το έλλειμμα για κάθε περίοδο προκύπτει από την αφαίρεση την συγκεκριμένη περίοδο του συνόλου της παροχής των πηγών από την ποσότητα άντλησης της γεώτρησης.

5.3 Καταναλώσεις

5.3.1 Παροντικές καταναλώσεις

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι καταναλώσεις στο μοναστήρι της Αγίας Κυριακής. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι οι καταναλώσεις αφορούν τις δέκα μοναχές που μένουν μόνιμα στο μοναστήρι. Στη παρούσα φάση, γίνονται έργα ανάπλασης του χώρου, καθώς επίσης κατασκευάζονται νέοι χώροι στέγασης για την μονή, που θα αυξήσει τον αριθμό των μοναχών που θα μένουν εκεί.

Πίνακας 5.3.1: Πίνακας κατανάλωσης κατ' άτομο και συνολικής κατανάλωσης

Χρονική περίοδος	Καταναλώσεις	
	Κατανάλωση κατ' άτομο (m ³)	Συνολική κατανάλωση σε m ³ (10 μοναχές)
Δεκέμβριος 2003 - Φεβρουάριος 2004	14,106	141
Μάρτιος - Μάιος 2004	16,164	162
Ιούνιος - Αύγουστος 2004	16,531	165
Σεπτέμβρης - Νοέμβρης 2004	15,526	155
Σύνολο	623 m³	

Ο πίνακας 5.3.1 αναφέρεται στην παροντική κατάσταση. Δηλαδή θεωρείται ότι στην μονή βρίσκονται 10 μοναχές. Η κατανάλωση σε έναν χρόνο υπολογίζεται σε περίπου 620 m³. Από την κατανάλωση για κάθε περίοδο, είναι εύκολο να βρούμε ποια είναι η ημερήσια ανάγκη για το νερό, καθώς επίσης και για ολόκληρο το έτος ποια είναι η μέση ημερήσια κατανάλωση. Έτσι για την περίοδο Δεκεμβρίου Φλεβάρη η κάθε μοναχή καταναλώνει 157lt ανα ημέρα, το διάστημα Μάρτη με Μάη η μέση κατανάλωση είναι 180 lt ανά ημέρα, το διάστημα από Ιούνιο ως και Αύγουστος η κατανάλωση είναι 184 lt ανά ημέρα και τέλος από Σεπτέμβρη ως και Νοέμβρη 172,5 lt ανά ημέρα. Οι παραπάνω καταναλώσεις αφορούν κάποιες περιόδους του έτους. Συνολικά για ένα έτος η μέση ημερήσια κατανάλωση είναι 171 lt

ανά ημέρα. Αν αναλογιστεί κανείς ότι η μέση ημερήσια κατανάλωση κυμαίνεται μεταξύ 150 και 250 lt, βγαίνει το συμπέρασμα ότι έχουμε μία μέτρια κατανάλωση στο μοναστήρι, πράγμα που βοηθάει στην αειφόρο διαχείριση των υδάτων της περιοχής. Συνοπτικά προκύπτει ο Πίνακας 5.3.2 που αναφέρεται στις μέσες ημερήσιες καταναλώσεις:

Πίνακας 5.3.2: Πίνακας μέσης ημερήσιας κατανάλωσης

Περίοδος	Μέση ημερήσια κατανάλωση σε lt
<i>Δεκέμβριος 2003 - Φεβρουάριος 2004</i>	157
<i>Μάρτιος - Μάιος 2004</i>	180
<i>Ιούνιος - Αύγουστος 2004</i>	184
<i>Σεπτέμβρης - Νοέμβρης 2004</i>	172,5
Συνολική μέση ημερήσια κατανάλωση:	171

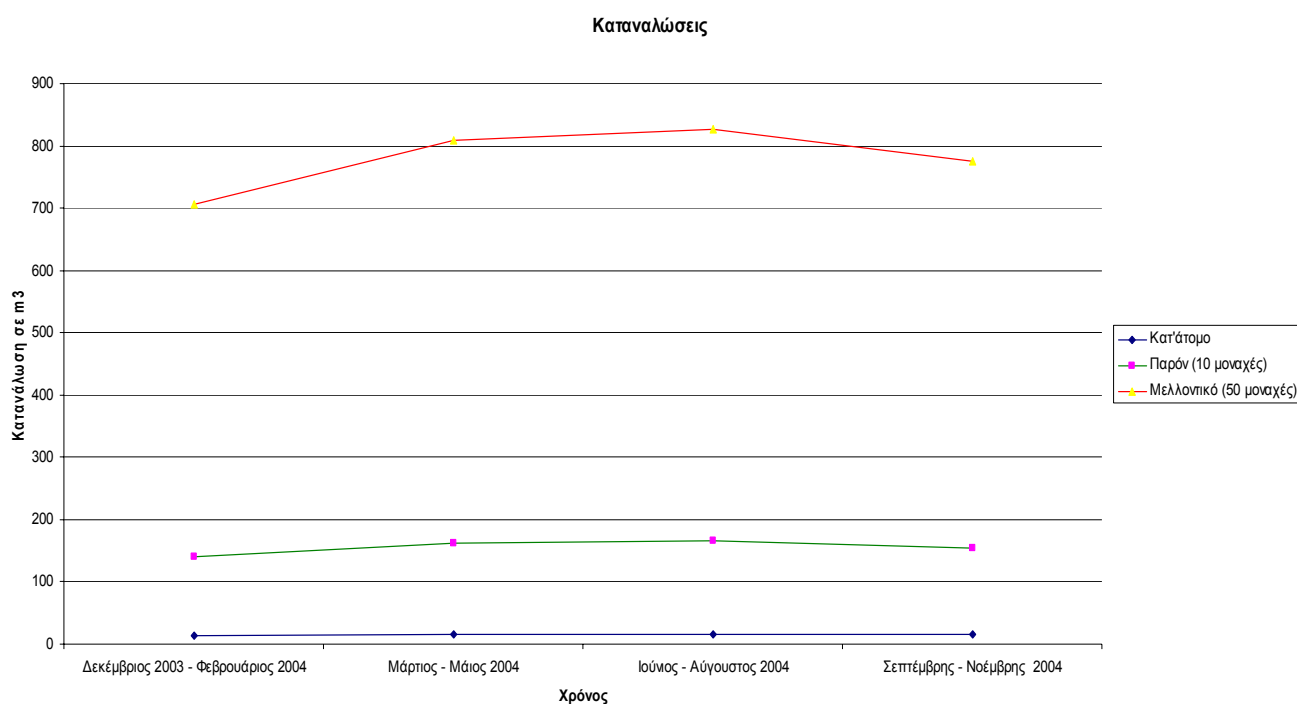
5.3.2 Μελλοντικές καταναλώσεις

Με την ολοκλήρωση των έργων. Το μοναστήρι θα έχει δυνατότητα φιλοξενίας έως και 50 μοναχές. Στον πίνακα 6.3.3 παρουσιάζονται οι προβλέψεις για την κατανάλωση σε μία τέτοια περίπτωση.

Πίνακας 5.3.3: Πίνακας μελλοντικής κατανάλωσης

Μελλοντικές καταναλώσεις	
Περίοδος	Κατανάλωση σε m³
<i>Δεκέμβριος 2003 - Φεβρουάριος 2004</i>	705,32
<i>Μάρτιος - Μάιος 2004</i>	808,22
<i>Ιούνιος - Αύγουστος 2004</i>	826,57
<i>Σεπτέμβρης - Νοέμβρης 2004</i>	776,32
Σύνολο:	3116,43

Το γράφημα 5.3.1 αναφέρεται στο σύνολο των καταναλώσεων. Παρουσιάζονται οι μελλοντικές καταναλώσεις, η παροντική κατανάλωση αλλά και η μέση ημερήσια κατανάλωση κατ' άτομο.

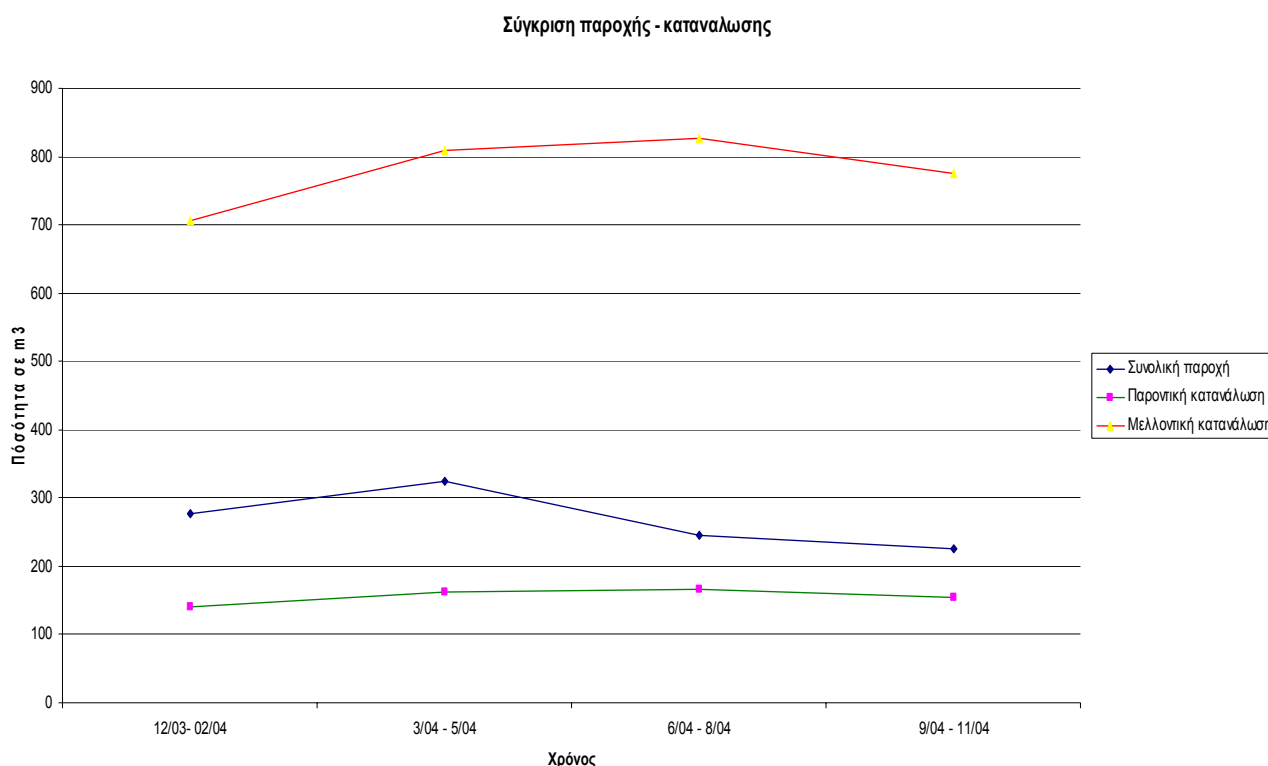


Γράφημα 5.3.1: Γράφημα καταναλώσεων στο παρόν και μελλοντικά

5.4 Σύνολο παροχών - καταναλώσεων

Είναι εύκολα κατανοητό ότι με μία τόσο μεγάλη αύξηση του πληθυσμού στο μοναστήρι, αυτομάτως και οι ανάγκες για νερό εκτοξεύονται. Το ζητούμενο είναι να ερευνηθεί κατά πόσο οι παροχές από την υπάρχουσα γεώτρηση και τις δύο πηγές είναι ικανές να καλύψουν, όχι μόνο της παροντικές ανάγκες αλλά και τις μελλοντικές.

Στον γράφημα 5.4.1 παρουσιάζονται οι παροχές, οι παροντικές καταναλώσεις και τέλος οι μελλοντικές καταναλώσεις:



Γράφημα 5.4.1: Γράφημα συνολικής παροχής, παροντικής και μελλοντικής κατανάλωσης

Από το γράφημα 5.4.1 είναι εμφανές ότι οι ανάγκες του μοναστηριού με τον υπάρχον πληθυσμό μπορούν να καλυφθούν με άνεση, αλλά μελλοντικά με πενήντα μοναχές στο μοναστήρι, οι ανάγκες θα είναι περίπου δύομισι (2,5) φορές μεγαλύτερες από τις παροχές. Το πρόβλημα θα είναι οξύτερο κατά τους θερινούς μήνες.

Το επόμενο βήμα είναι να υπολογιστεί πόσες μοναχές μπορούν να φιλοξενηθούν στο μοναστήρι, τους χειμερινούς μήνες αλλά και τους θερινούς. Είναι λογικό ότι το χειμώνα που οι ανάγκη για νερό είναι λιγότερη, ενώ και οι παροχές είναι μεγαλύτερες η μονή είναι σε θέση να στεγάσει μεγαλύτερο πληθυσμό, σε αντίθεση με το θέρος, όπου και μεγαλύτερη κατανάλωση παρατηρείται, αλλά και οι παροχές μειώνονται περίπου κατά 20%.

Στον πίνακα 5.4.1 παρουσιάζονται οι παροχές για δύο εξάμηνα αλλά και ο πληθυσμός που καλύπτεται από τις παροχές αυτές. Για τους υπολογισμούς έχει ληφθεί υπόψιν η μέση ημερήσια κατανάλωση για το κάθε εξάμηνο.

Πίνακας 5.4.1: Πίνακας παροχών εξαμήνου και πληθυσμός που καλύπτεται

Περίοδος	Παροχή ανά ημέρα (L/day)	Μέση κατανάλωση (L/day)	Πληθυσμός
<i>Νοέμβριος – Απρίλιος</i>	3145,1	167,25	19
<i>Μάιος – Οκτώβριος</i>	2822,3	176,5	16
Μέσος όρος:	2983,7	171	17-18

5.4.1 Σύγκριση κατανάλωσης με τις παροχές των πηγών

Βέβαια όπως είναι γνωστό, οι παροχές των δύο πηγών μένουν ανεκμετάλλευτες και το μοναστήρι καλύπτει τις ανάγκες του αποκλειστικά και μόνο από την γεώτρηση. Το νερό που τρέχει από την πηγή των Επτά Παίδων καταλήγει στο ποτάμι που βρίσκεται ακριβώς δίπλα, ενώ το νερό από την πηγή του Κάστρου διατρέχει το βουνό και απορροφάται εκεί.

Στον πίνακα 5.4.2 παρουσιάζεται η ποσότητα του νερού που παραμένει ανεκμετάλλευτη:

Πίνακας 5.4.2: πίνακας παροχής πηγών

<i>Πηγές:</i>	<i>Παροχή (L/day)</i>	<i>Παροχή ανά έτος (m³):</i>
<i>Επτά Παίδων</i>	812,1	296,4
<i>Κάστρου</i>	425	155,1
	Σύνολο:	451,5

Όπως παρατηρείται στον πίνακα 5.4.2 κάθε χρόνο 451,5 m³ καταλήγουν ανεκμετάλλευτα στο ποτάμι ή στο βουνό. Σίγουρα είναι ένας σεβαστός όγκος νερού, που θα μπορούσε να λύσει αρκετά προβλήματα.

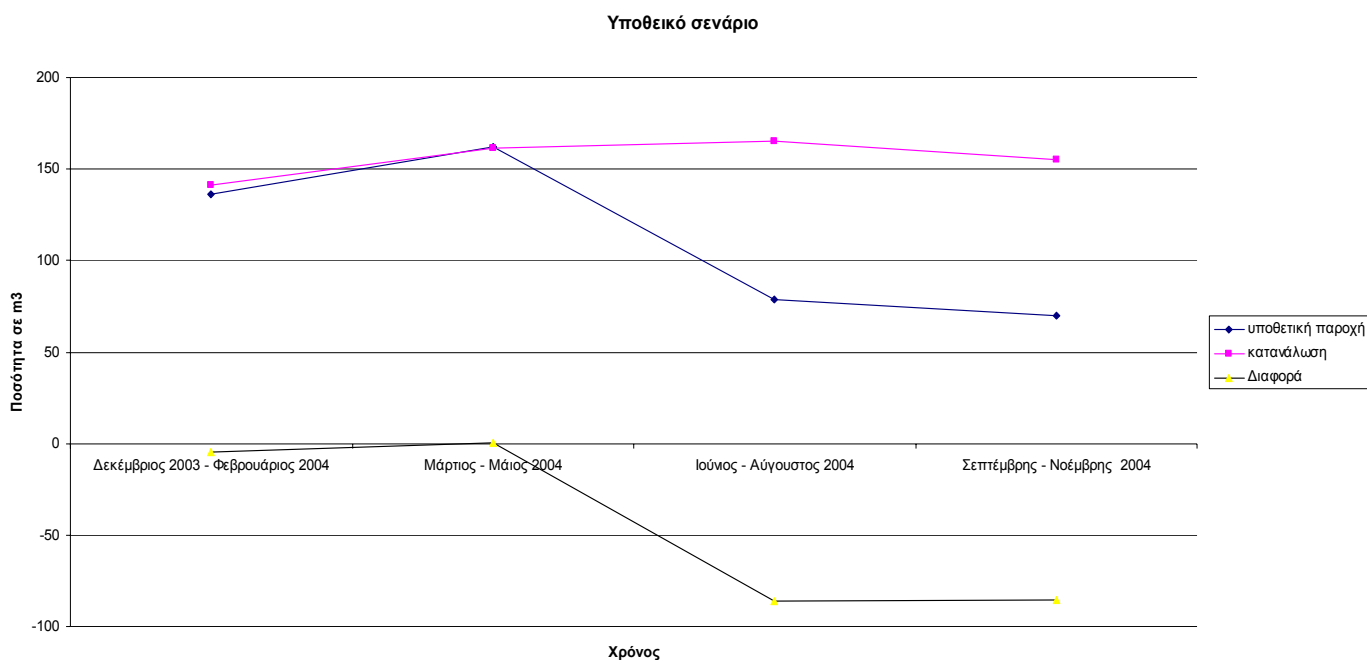
Υποθετικά, στον πίνακα 5.4.3 παρουσιάζεται ο αριθμός των μοναχών που θα μπορούσαν να φιλοξενηθούν στην Μονή, αν δεν υπήρχε η γεώτρηση οι ανάγκες καλυπτόταν μόνο από τις παροχές των πηγών.

Πίνακας 5.4.3: Πίνακας παροχής πηγών και πληθυσμού που καλύπτει

<i>Πηγές:</i>	<i>Παροχή (lt/day)</i>	<i>Μέση ημερήσια κατανάλωση κατ' άτομο(lt/day)</i>	<i>Πληθυσμός</i>
<i>Επτά Παίδων</i>	812,1	171	5
<i>Κάστρου</i>	425	171	3
Σύνολο:	1237,1	171	8

Ο πίνακας 5.4.3 επαληθεύει το συμπέρασμα που είχε βγει προηγουμένως, ότι η γεώτρηση μπορεί να καλύψει τις ανάγκες δέκα μοναχών, που θα μπορούσαν να είναι κατά οχτώ παραπάνω αν εκμεταλλεύονταν και ο όγκος ύδατος των πηγών.

Η γραφική παράσταση 5.4.2 παρουσιάζει το άθροισμα των παροχών των πηγών και τις καταναλώσεις από τις μοναχές. Η γραφική παράσταση με το μαύρο χρώμα αναφέρεται στην διαφορά παροχής κατανάλωσης.



Γράφημα 5.4.2: Γράφημα παροχών πηγών – κατανάλωσης μοναστηριού

Είναι εύκολα παρατηρήσιμο, ότι από τον Δεκέμβρη μέχρι και τον Μάιο οι ανάγκες σχεδόν καλύπτονται, όμως τους υπόλοιπους μήνες παρατηρείται έλλειμμα που από τον Ιούνιο μέχρι και τον Νοέμβρη αυξάνεται και φτάνει μέχρι και τα 80 m³ περίπου.

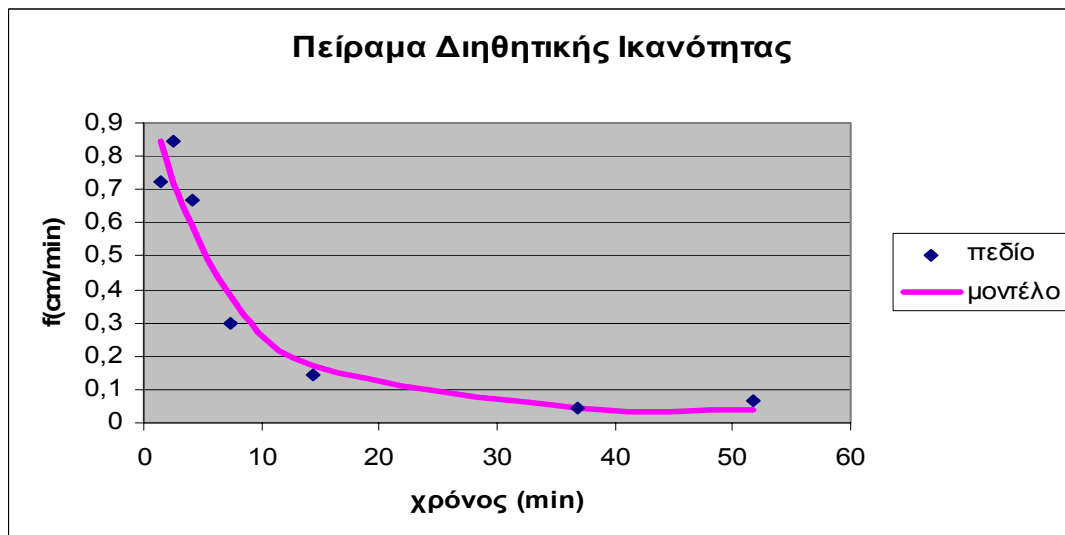
5.5 υπολογισμός διήθησης

Στο πεδίο έγιναν μετρήσεις διήθησεως τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται στο πίνακα 5.5.1.

Πίνακας 5.5.1: Πίνακας μετρήσεων διηθήσεως

hours	minutes	seconds	time (minutes)	h (cm)	
0	0	0	0	0	
0	1	23	1,383333333	1,5	
0	2	34	2,566666667	2,5	
0	4	4	4,066666667	3,5	
0	7	24	7,4	4	
0	14	23	14,38333333	5	
0	36	50	36,83333333	6	
0	51	42	51,7	7	
dt (min)	dh	t (minutes)	dh/dt	f(t)	RMSE
1,383333	1	1,383333333	0,722892	0,842316972	0,014262
1,183333	1	2,566666667	0,84507	0,719106668	0,015867
1,5	1	4,066666667	0,666667	0,589736926	0,005918
3,333333	1	7,4	0,3	0,383717388	0,007009
6,983333	1	14,38333333	0,143198	0,168526262	0,000642
22,45	1	36,83333333	0,044543	0,045496488	9,08E-07
14,86667	1	51,7	0,067265	0,040733338	0,000704
		Fo	1,014974		
		Fc	0,040065		
		k	0,140907		

Στο διάγραμμα 5.5.1 παρουσιάζεται και η γραφική παράσταση του f με τον χρόνο:



Γράφημα 5.5.1: Γράφημα διηθήσεως

Το f_c υπολογίστηκε στο 0,040065 cm / min ή διαφορετικά 24 mm / hr ή 578 mm / hr. Η τιμή αυτή είναι πολύ μεγάλη. Κατά τη διάρκεια μίας

ημέρας μπορεί να διηθηθεί στο έδαφος βροχόπτωση ύψους 578mm. Ένα ποσό όπου αντιστοιχεί περίπου στην συνολική βροχόπτωση ενός έτους. Στον πίνακα 5.5.2 ακολουθεί η ανάλυση συχνότητας ακραίων μεγίστων τιμών υετού 24ώρου ανά έτος

Πίνακας 5.5.2: Πίνακας ανάλυσης ακραίων μεγίστων τιμών υετού 24ώρου ανά έτος

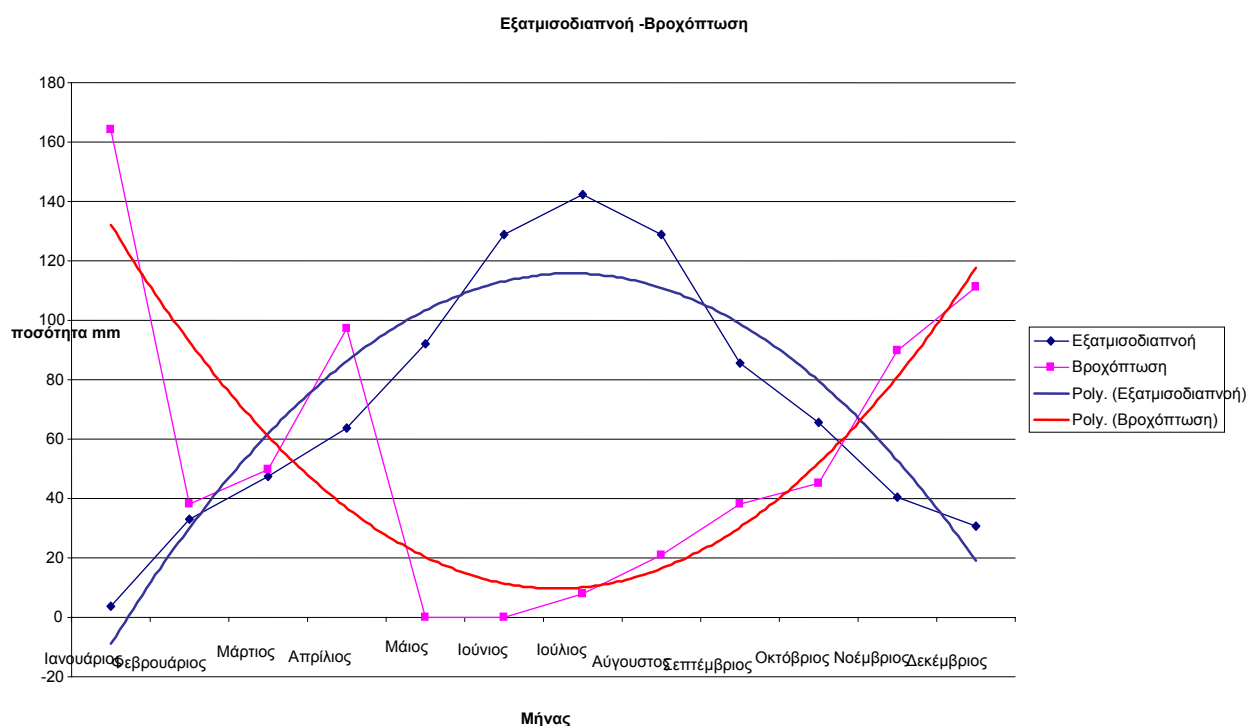
Πιθανότητα εμφάνισης, P% Περίοδος Επαναφοράς, T		Log Pearson III Ύψος Υετού (mm)
P ₈₀	(T=1,25 έτη)	67
P ₅₀	(T=2 έτη)	68
P ₁₀	(T=10 έτη)	123
P ₅	(T=20 έτη)	150
P ₂	(T=50 έτη)	170
P ₁	(T=100 έτη)	190

(Σταμάτη , 2005)

5.6 Υπολογισμός Εξατμισοδιαπνοής

Στο σημείο αυτό πρέπει να διευκρινιστεί ότι στην περιοχή που βρίσκεται η Αγία Κυριακή δεν υπάρχουν διαθέσιμες καθημερινές μετρήσεις θερμοκρασίας και ακτινοβολίας, αλλά ούτε και στην ευρύτερη περιοχή που ανήκει το μοναστήρι. Έτσι υπολογίστηκε η εξατμισοδιαπνοή για την Σούδα και προσαρμόστηκε στην περιοχή.

Η συνολική εξατμισοδιαπνοή υπολογίστηκε ότι κατά το έτος 2004 είναι στα 862 mm, μεγαλύτερη δηλαδή από την συνολική βροχόπτωση του ίδιου έτους που έφτασε στα 660mm. Η διακύμανση της εξατμισοδιαπνοής και της βροχόπτωσης παρουσιάζεται στο γράφημα 6.8.1

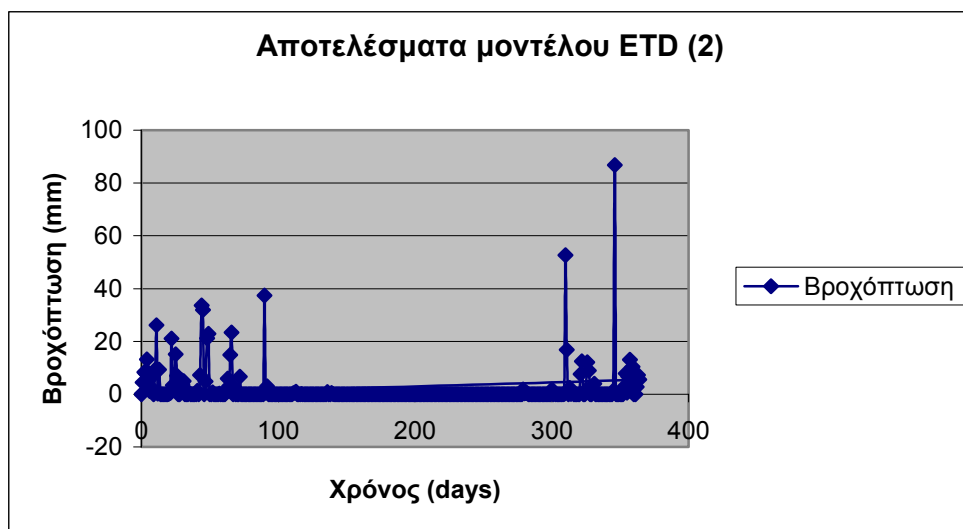


Γράφημα 5.6.1: Διακύμανση εξατμισοδιαπνοής – βροχόπτωσης

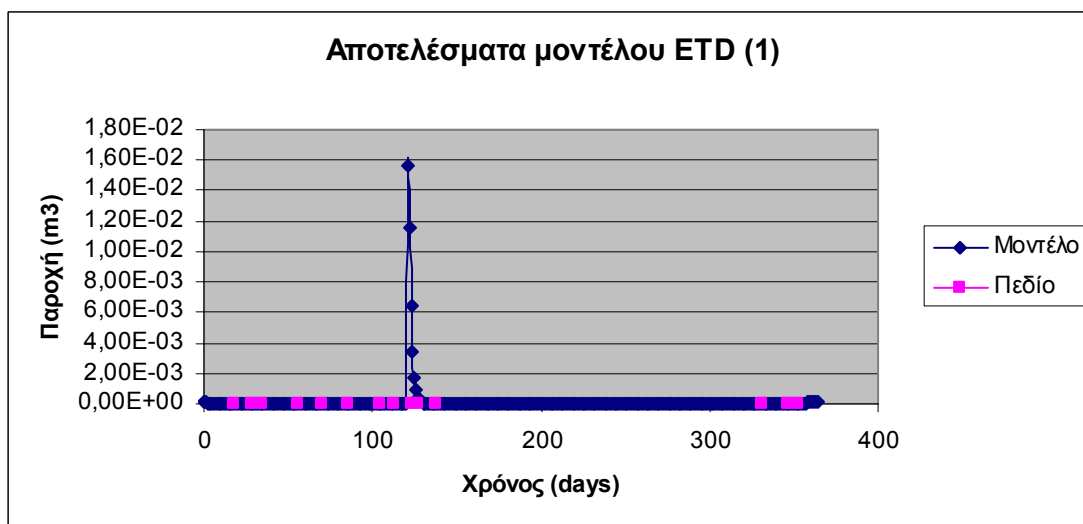
5.7 Αποτελέσματα υδρολογικού μοντέλου

Στο εργαστήριο τρέξαμε το μοντέλο προσπαθώντας να προσομοιώσουμε την περιοχή όσο το δυνατό καλύτερα, ώστε να βγάλουμε ασφαλή συμπεράσματα για το τι συμβαίνει με την υδρολογία στην περιοχή. Τα

αποτελέσματα του μοντέλου φαίνονται παρακάτω:



Γράφημα 5.7.1: Γράφημα βροχόπτωσης ανά ημέρα μετρημένη σε mm

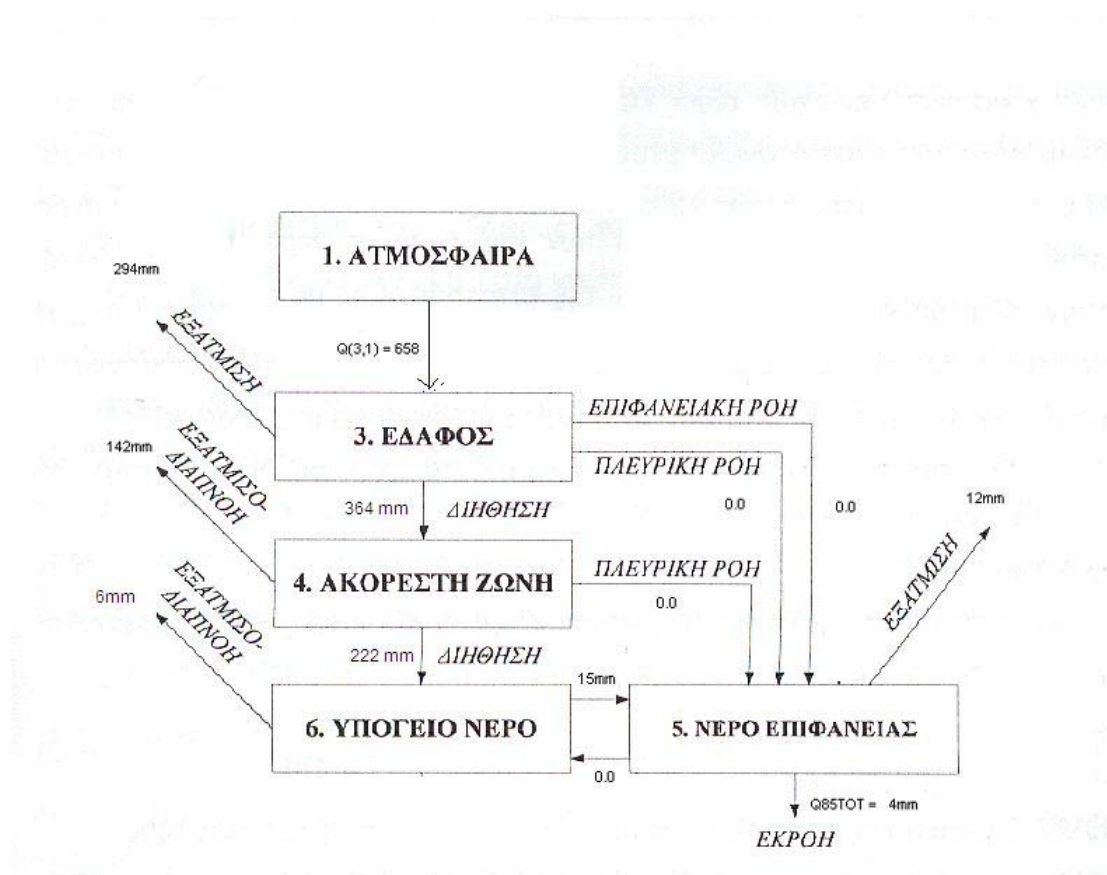


Γράφημα 5.7.2 : Γράφημα της παροχής ανά ημέρα, όπως το έβγαλε το μοντέλο, και όπως συμβαίνει στο πεδίο

Από το γράφημα 5.7.2 παρατηρείται ότι κατά τον μήνα Απρίλιο υπήρχε μία ροή στο ποτάμι, τέτοια που δεν παρατηρείται σε καμία άλλη εποχή του έτους, αυτό μπορεί να εξηγηθεί εύκολα, αφού τότε είναι μία περίοδος που έλιωσαν τα χιόνια από τις γύρω περιοχές με αποτέλεσμα να υπάρξει και επιφανειακή απορροή, μέσω του ποταμιού της περιοχής. Στο γράφημα 5.7.1 εμφανίζεται η βροχόπτωση ανά ημέρα.

Στην εικόνα 5.7.1, θα παρουσιαστούν γραφικά τα αποτελέσματα του

μοντέλου ETD, για την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων.



Εικόνα 5.7.1: Αποτελέσματα του μοντέλου ETD

Από όλα τα παραπάνω συμπεραίνουμε, ότι το έδαφος έχει σχετικά μεγάλη διηθητικότητα, τέτοια, ώστε να μην αφήνει να παρουσιαστεί επιφανειακή ροή, το μεγαλύτερο ποσό της βροχόπτωσης καταλήγει στην υπόγειο νερό και ένα μέρος τους εξατμίζεται. Έτσι εξηγείται γιατί η γεώτρηση το χειμώνα μπορεί να αντλεί μεγάλες ποσότητες νερού, ενώ το καλοκαίρι όπου η στάθμη του υπόγειο τοπικού υδροφορέα πέφτει, δεν μπορεί να αντλήσει ανάλογες ποσότητες και το νερό εμφανίζεται θολό.

Από την προσομοίωση φαίνεται καθαρά, ότι το μοναστήρι δεν μπορεί να στηρίζεται αποκλειστικά στην γεώτρηση που έχει στηθεί, αλλά πρέπει να ψάξει άλλες λύσεις. (Σταμάτη και Παλιατζίκη, 2004)

5.8 Χημικές αναλύσεις υδάτων

Παράλληλα με τις μετρήσεις στο πεδίο που αφορούσαν τις παροχές, τις καταναλώσεις και την βροχόπτωση, έγιναν μετρήσεις και άλλων παραγόντων που αφορούν κυρίως την χημεία των υδάτων της περιοχής. Συγκεκριμένα λήφθηκαν δείγματα από την πηγή των Επτά παιδων, την πηγή Κάστρου, στο ποτάμι που βρίσκεται πλησίον της πρώτης πηγής, όταν αυτό έτρεχε με πολύ μικρή ροή. Επίσης δείγματα σε τακτά χρονικά διαστήματα λήφθηκαν και από την βρύση στη μονή, η οποία τροφοδοτείται από την γεώτρηση. Στον πίνακα 5.8 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των αναλύσεων αυτών.

Πίνακας 5.8.1: Συγκεντρωτικός πίνακας χημικής ανάλυσης

Ανάλυση	Πηγή 7 Παιδων	Πηγή Κάστρου	Γεώτρηση	Ρυάκι
Θερμοκρασία (C)	17,3	16,5	17,54	
ph	7,75	7,55	7,41	7.64
ξηρό υπόλειμμα (mg/L)	0,03	0,02	0,04	
ιόντα ασβεστίου (mg/L)	68,55	78,06	74,01	67,37
ολικά βακτήρια (αποικίες/100ml)	0	720	0	0
βακτήρια feacal (αποικίες/100ml)	0	63,33	0	0
χλωριούχα (mg/L)	43,66	37,27	64,62	82,25
νιτρικά (mg/L)	3,52	20,78	1,97	2,27
Αγωγιμότητα $\mu\text{S}/\text{cm}$	462,16	426	737,8	816,5
ολική σκληρότητα (mg/L)	143,21	144,53	263,1	182,5
ιόντα μαγνησίου (mg/L)	126,55	125,56	245,2	218,4

5.9 Σύγκριση αναλύσεων με τα όρια ποιότητας νερών που ισχύουν

Λαμβάνοντας υπόψιν την απόφαση που κοινοποιήθηκε στην « Εφημερίς της Κυβερνήσεως» της Ελληνικής δημοκρατίας, στις 11 Ιουλίου 2001 και αφορά την «ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης», πραγματοποιήθηκε σύγκριση των υδάτων του μοναστηριού της Αγιάς

Κυριακής με τα όρια που ορίζονται από την Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά και με τις αναλύσεις του νερού που χρησιμοποιείται από τον Δήμο Χανίων. Και αυτό για διαπιστωθεί κατά πόσον τα ύδατα μπορούν να χαρακτηριστούν πόσιμα, ή η χρήση τους πρέπει να περιοριστεί αποκλειστικά και μόνο για τις υπόλοιπες ανάγκες της μονής.

Για τα νιτρικά το όριο έχει οριστεί να μην ξεπερνάει τα 50 mg/L. Στο μοναστήρι η μετρήσεις ήταν 3,52 mg/L για την πηγή των Επτά Παίδων, 1,97 mg/L για την γεώτρηση, 2,27 mg/L για το ρυάκι όταν αυτό είχε ροή και τέλος 20,78 mg/L για την πηγή του Κάστρου. Οι μετρήσεις στην Αγυιά έχουν δώσει τιμές μικρότερες των 5 mg/L. Παρατηρείται ότι μόνο στην πηγή του κάστρου εμφανίζεται μεγάλη συγκέντρωση νιτρικών, που δεν υπερβαίνει όμως το επιτρεπτό όριο.

Για τα χλωριούχα το επιτρεπτό όριο είναι 250 mg/L. Οι αναλύσεις έδωσαν 43,66 mg/L για την πηγή των Επτά Παίδων, 64,62 mg/L για την γεώτρηση, 88,25 mg/L για το ρυάκι όταν αυτό είχε ροή και τέλος 37,27 mg/L για την πηγή του Κάστρου. Οι μετρήσεις στην Αγυιά έχουν δώσει τιμές 13 mg/L. Και στην συγκεκριμένη περίπτωση δεν υφίσταται υπέρβαση του ορίου.

Σχετικά με το pH το όριο είναι από 6,5 έως 9,5. Οι μετρήσεις έδωσαν pH 7,73 για την πηγή των Επτά Παίδων, 7,41 για την γεώτρηση, 7,44 για το ρυάκι και τέλος 8 για την πηγή του κάστρου. Αναλόγως στην Αγυιά είναι 7,8. Και εδώ δεν υπάρχει κανένα απολύτως πρόβλημα ως προς την καταλληλότητα του νερού.

Το όριο της αγωγιμότητας είναι 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ στους 20 °C. Στο μοναστήρι οι μετρήσεις έδωσαν, 462,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ για την πηγή των Επτά Παίδων, 738 $\mu\text{S}/\text{cm}$ για την γεώτρηση, 816 $\mu\text{S}/\text{cm}$ για το ρυάκι και 426 $\mu\text{S}/\text{cm}$ για την πηγή του Κάστρου. Στην Αγυιά η τιμή της Αγωγιμότητας είναι 274 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Το όριο για το ξηρό υπόλειμμα έχει οριστεί ίσο με 1500 mg/L. Στο μοναστήρι οι αναλύσεις το υδάτων έδωσαν 0,03 mg/L για την πηγή των Επτά Παίδων, 0,04 mg/L για την γεώτρηση, 0,04 mg/L για το ρυάκι και τέλος 0,02 mg/L για την πηγή του Κάστρου. Οι μετρήσεις του χημείου της νομαρχίας Χανίων για το νερό της Αγυιάς έδωσαν 150 mg/L.

Για τον ολικό αριθμό βακτηρίων δεν υπάρχει συγκεκριμένο όριο. Στις μετρήσεις βρέθηκαν 0 αποικίες/100ml για την γεώτρηση και 720 αποικίες/100ml για την πηγή των Επτά Παίδων. Ο αριθμός αυτός σίγουρα είναι μεγάλος και ύποπτος για την καταλληλότητα των νερών της συγκεκριμένης πηγής.

Η ολική σκληρότητα κατά μέσο όρο υπολογίστηκε στα 143 mg/L CaCO_3 για την πηγή των Επτά Παίδων, 263,13 mg/L CaCO_3 για την γεώτρηση, 183 mg/L CaCO_3 για το ρυάκι και 145 mg/L CaCO_3 για την πηγή του Κάστρου. Στην Αγυιά η αντίστοιχη τιμή είναι 128 mg/L CaCO_3 .

Συγκριτικά με την ολική σκληρότητα των εμφιαλωμένων νερών η ολική σκληρότητα κρίνεται ικανοποιητική.

Κεφάλαιο 6^ο - Συμπεράσματα - Προτάσεις

6.1 Συμπεράσματα

Από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πεδίο και τις αναλύσεις των υδάτων της λεκάνης απορροής στην οποία βρίσκεται η μονή της Αγίας Κυριακής μπορούν βγουν αρκετά χρήσιμα συμπεράσματα.

- Στην περιοχή μελέτης έγιναν μετρήσεις της βροχόπτωσης, των παροχών, της εξατμισοδιαπνοής, της διήθησης, αλλά και χημικές αναλύσεις των υδάτων (ΤΕΙ Χανίων). Για την προσομοίωση της υδρολογίας της περιοχής χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο ETD.
- Η μονή ικανοποιεί τις παρούσες ανάγκες της σε νερό από της γεώτρηση που έχει εγκατασταθεί εκεί για τον σκοπό αυτό.
- Η γεώτρηση δεν έχει φτάσει σε ικανό βάθος, δηλαδή στον κύριο υδροφόρο ορίζοντα της λεκάνης απορροής, αλλά αντλεί νερό από τα στραγγίσματα της περιοχής. Αυτό σημαίνει ότι τους καλοκαιρινούς μήνες όπου τα στραγγίσματα είναι λιγότερα, θα παρουσιάζεται έλλειψη νερού. Έτσι δικαιολογείται και η θολούρα του νερού μετά από μεγάλες αντλήσεις ύδατος από την γεώτρηση.
- Η ποιότητα του νερού των πηγών είναι προβληματική λόγω της ύπαρξης βακτηριακού φορτίου, συνεπώς το νερό της περιοχής δεν ενδείκνυται για πόση.
- Η βόσκηση αιγοπροβάτων στην περιοχή έχει προκαλέσει προβλήματα στην χημεία του νερού.

6.2 Προτάσεις

Τέλος προτείνονται τα παρακάτω:

- Προτείνεται η κατασκευή νέας γεώτρησης στην περιοχή της Αγίας Κυριακής, που θα φτάσει όμως σε μεγαλύτερο βάθος (άνω των 160 μέτρων), από την ήδη υπάρχουσα, ώστε να αντλεί νερό από τον μεγαλύτερο υδροφορέα της Αγυιάς που περνάει κάτω από την λεκάνη απορροής της περιοχής. Μία τέτοια κίνηση θα παρείχε στο μοναστήρι όσο νερό εκείνο χρειάζεται. Οι μελέτες που έχουν γίνει για τον υδροφορέα της Αγυιάς , επιβεβαιώνουν ότι υπάρχει άφθονη ποσότητα για να καλύψει όλες τις ανάγκες του νομού. Αυτό δίνει την δυνατότητα το μοναστήρι της Αγίας Κυριακής να εγκαταστήσει την νέα γεώτρηση άφοβα, αφού μία τέτοια κίνηση δεν θα επηρεάσει την φυσική ισορροπία της περιοχής.
- Προτείνεται η απομάκρυνση των αιγοπροβάτων από την περιοχή, αφού τα φορτία στην περιοχή έχουν οδηγήσει σε μόλυνση του νερού των πηγών και τελικά σε αδυναμία χρήσης του.
- Προτείνεται επίσης ο καθαρισμός των πηγών, στην περιοχή πάνε πολλοί επισκέπτες, που δοκιμάζουν το νερό τους. Έτσι μη καθαρισμός των πηγών μπορεί να είναι επίφοβος για την υγεία των επισκεπτών.
- Τέλος προτείνεται να πραγματοποιούνται συστηματικές μετρήσεις στα ύδατα της περιοχής (monitoring), ώστε να διασφαλίζεται η ποιότητα τους σε εύρος χρόνου)

Βιβλιογραφία

1. Γ. Καλλέργης, Υδρογεωλόγος, 2002 «Διαχείριση η σοφή χρήση των υπογείων νερών»,
2. Θ Τσούτσος, 2000, Σημειώσεις μαθήματος «Ασειφόρος ανάπτυξη» του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος Πολυτεχνείου Κρήτης, Χανιά
3. Θ Τσούτσος, 1999, Σημειώσεις μαθήματος «Οικονομικά για Μηχανικούς Περιβάλλοντος», τμ τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης, Χανιά
4. Γ. Τσακίρης, 1995, «Υδατικοί πόροι: Ι. Τεχνική Υδρολογία», Αθήνα
5. Χατζημπίρος Κ. , 2002, «Οικολογία: οικοσυστήματα και προστασία του περιβάλλοντος» , Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα
6. Καρακάσης Ι., 2003, Παραδόσεις για το μάθημα «Οικολογία» (διαφάνειες σε μορφή pdf), διάθεση από την ιστοσελίδα του Πολυτεχνείου Κρήτης:
http://www.enveng.tuc.gr/Labs/eob_lab.htm
7. ΥΠΑΝ, ΕΜΠ, ΙΓΜΕ, ΚΕΠΕ, 2003 , « Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας» , Υπουργείο Ανάπτυξης, Αθήνα
8. Λιόνης Μ., Περλέρος Β., 2001, «Υδρογεωλογική Μελέτη Κάμπου Χανίων» , Υπουργείο Γεωργίας, Αθήνα
9. «2000/60/EU Οδηγία πλαίσιο για τα νερά», Ημερίδα: Εναρμόνιση με την ελληνική πραγματικότητα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, τομέας υδατικών πόρων, υδραυλικών και θαλάσσιων έργων, Αθήνα 2002
10. Φωτίου Ε , Κολοβός Ν. ,2004, «Διερεύνηση και αξιολόγησης ποιότητας των εμφιαλωμένων νερών», Τμήμα Γεωτεχνολογίας & Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας, Μακεδονία.
11. «Εφημερίς της κυβέρνησεως της Ελληνικής Δημοκρατίας», Τεύχος δεύτερο, Αρ. φύλλου 892, 11 Ιουλίου 2001

12. Χατζημπίρος Κ., 2002, «Οι δυσκολίες των αλλαγών που απαιτεί η Οδηγία 2000/60», Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ
13. Λουκάτος Α., Παπαπαύλου Κ., Κατσιμπίρη Μ. , 2002, «Νέα Δεδομένα για την ολοκληρωμένη διαχείριση των υδάτων με έμφαση στην Οδηγία 2000/60», Ε.ΠΕ.Μ. Α.Ε.
14. Σταμάτη Φ, Παλιατζίκη Αθ., 2004, «Μοντελοποίηση Υδρολογίας και των θρεπτικών της λεκάνης απορροής του ποταμού Κράθι», Διπλωματική εργασία, τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά
15. Σταμάτη Φ. Νικολαΐδης Ν., 2005, «Μελέτη Ικανότητας του ιζήματος των λιμνίων», έκθεση προόδου στο πρόγραμμα Life – Φύση 2004 'Δράσεις Προστασίας των μεσογειακών Εποχιακών Λιμνίων στη νήσο Κρήτη'
16. Ν. Ρ. Nikolaidis, Η. Rajaram, J.L.Schnoor, Κ.Ρ. Georgakakos, 1988, « A generalized soft water acidification model, water research, Vol. 24, No12, pp.1983-1996
17. Nikolaidis, N.P. , Hu., H., and Escedy, C., 1994. Effects of climatic Variability of freshwater watersheds: Case studies. Aquatic sciences, Vol. 56, No. 2, pp. 161-178
18. Nikolaidis, N. Ρ. , Hu., H., Escedy, C., and J. D. Lin 1993. Hydrologic response of freshwater watersheds to climatic variability; Model development. Water resources research, Vol. 29, No. 10, pp. 3317-3328.
19. Nikolaidis, N.P., Muller, P.K. Schoor, J.L. and Hu, H. L. 1991. modeling the hydrogeochemical response of a stream to acid deposition using the enhanced trickle down model. Research journal of water pollution control federation, Vol. 63, No. 3 pp. 220-227.
20. Georgakakos, Κ.Ρ., Valle-Vilho, G.M., Nikolaidis, N.P. and Schnoor, J.L. 1989. Lake acidification studies: the role of

input uncertainty in long-term predictions. Water resources research, Vol. 25, No. 7, pp. 1511-1518

21.Nikolaidis, N.P., Scnoor, J.L., and Georgakakos, K.P., 1989. Modeling of long term lake alkalinity responcees to acid deposition. Journal of water pollution control federation, Vol. 61, No. 2, pp. 188-199

22.Nikolaidis, N.P., Rajaram, H., Scnoor, J.L. and Georgakakos, K.P., 1988. Generalized softwater acidification model. Water resources research, Vol. 24, No. 12, pp. 1983-1996.

Χρήσιμες ιστοσελίδες:

www.statistics.gr

www.minenv.gr

www.eydap.gr

www.emerald-library.com

www.enveng.tuc.gr

www.agrokip.gr

www.fluidpowerengineering.gr

Παράρτημα Ι

Χημικές Αναλύσεις Υδάτων – Συγκριτικοί Πίνακες (ΤΕΙ Χανίων)

Θερμοκρασία (°C)	Πηγή κάτω	Γεώτρηση	Ρυάκι	Πηγή κάστρου
29-Απριλίου 2004	16,5	16,4	-	16,5
6-Μαΐου 2004	16,7	17,0	-	-
31-Μαΐου 2004	17,10	17,20	-	-
13-Σεπτεμβρίου 2004	18,5	19,4	-	-
2-Νοεμβρίου 2004	17,7	17,7	-	-
Στερεό υπόλειμμα (% κ.β.)				
18-Μαρτίου 2004	0,016	0,036	0,031	-
29-Μαρτίου 2004	0,021	0,042	0,047	-
29-Απριλίου 2004	0,029	0,044	-	0,025
6-Μαΐου 2004	0,037	0,049	-	-
31-Μαΐου 2004	0,046	0,062	-	-
13-Σεπτεμβρίου 2004	0,025	0,044	-	-
2-Νοεμβρίου 2004	0,010	0,024	-	-
Ιόντα Ασβεστίου (mg/l)				
18-Μαρτίου 2004	82,16	52,58	-	-
29-Μαρτίου 2004	48,48	69,02	67,37	-
29-Απριλίου 2004	80,52	82,16	-	78,06
6-Μαΐου 2004	55,87	59,16	-	-
31-Μαΐου 2004	70,66	59,16	-	-
13-Σεπτεμβρίου 2004	72,30	70,66	-	-
2-Νοεμβρίου 2004	69,84	125,30	-	-
Ολικά βακτήρια(αποικίες/100ml)				
6-Μαΐου 2004	300,00	0,00	-	-
13-Σεπτεμβρίου 2004	760,00	0,00	-	-
2-Νοεμβρίου 2004	1100,00	0,00	-	-

Βακτήρια fecal (αποικίες/100ml)				
6-Μαΐου 2004	190,00	0,00	-	-
13-Σεπτεμβρίου 2004	0,00	0,00	-	-
2-Νοεμβρίου 2004	0,00	0,00	-	-
Χλωριούχα (mg/lt)				
18-Μαρτίου 2004	41,41	64,39	83,33	-
29-Μαρτίου 2004	41,41	64,70	93,16	-
29-Απριλίου 2004	41,41	64,18	-	37,27
6-Μαΐου 2004	42,44	63,66	-	-
31-Μαΐου 2004	43,48	64,18	-	-
13-Σεπτεμβρίου 2004	46,58	63,14	-	-
2-Νοεμβρίου 2004	48,92	68,06	-	-
Νιτρικά (mg/lt)				
29-Μαρτίου 2004	3,27	2,09	2,27	-
29-Απριλίου 2004	2,74	1,94	-	20,78
6-Μαΐου 2004	3,89	1,88	-	-
31-Μαΐου 2004	4,65	1,59	-	-
13-Σεπτεμβρίου 2004	3,66	2,21	-	-
2-Νοεμβρίου 2004	2,89	2,09	-	-
Αγωγιμότητα (μS/cm)				
18-Μαρτίου 2004	452,00	705,00	786,00	-
29-Μαρτίου 2004	455,00	750,00	847,00	-
29-Απριλίου 2004	455,00	747,00	-	426,00
6-Μαΐου 2004	494,00	766,00	-	-
31-Μαΐου 2004	452,59	733,76	-	-
13-Σεπτεμβρίου 2004	464,40	725,76	-	-
2-Νοεμβρίου 2004	462,16	736,70	-	-
Ολική σκληρότητα (mg/lt)				
18-Μαρτίου 2004	109,68	112,75	130,18	-
29-Μαρτίου 2004	115,83	269,58	234,73	-
29-Απριλίου 2004	167,08	292,13	-	144,53
6-Μαΐου 2004	171,18	288,03	-	-

<i>31-Μαΐου 2004</i>	171,18	292,13	-	-
<i>13-Σεπτεμβρίου 2004</i>	183,48	296,23	-	-
<i>2-Νοεμβρίου 2004</i>	84,05	291,10	-	-
Ιόντα Μαγνήσιου (mg/l)				
<i>18-Μαρτίου 2004</i>	89,71	99,97	-	-
<i>29-Μαρτίου 2004</i>	104,05	252,80	218,35	-
<i>29-Απριλίου 2004</i>	147,51	272,16	-	125,56
<i>6-Μαΐου 2004</i>	157,60	273,65	-	-
<i>31-Απριλίου 2004</i>	154,00	277,75	-	-
<i>13-Σεπτεμβρίου 2004</i>	165,91	279,05	-	-
<i>2-Νοεμβρίου 2004</i>	67,08	260,65	-	-
pH				
<i>18-Μαρτίου 2004</i>	7,77	7,33	7,32	-
<i>29-Μαρτίου 2004</i>	7,75	7,41	7,55	-
<i>29-Απριλίου 2004</i>	7,72	7,52	-	8,00
<i>6-Μαΐου 2004</i>	7,78	7,59	-	-
<i>31-Μαΐου 2004</i>	7,95	7,54	-	-
<i>13-Σεπτεμβρίου 2004</i>	7,20	7,20	-	-
<i>2-Νοεμβρίου 2004</i>	7,91	7,25	-	-
conductivity				
<i>18-Μαρτίου 2004</i>	452	705	786	
<i>29-Μαρτίου 2004</i>	455	750	847	
<i>30-Απριλίου 2004</i>	455	742	-	426