

ΥΠΟΓΕΙΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΚΡΗΤΗΣ. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Περλέρος Β.¹, Παπαμαστοράκης Δ.², Κριτωτάκης Μ.², Δρακοπούλου Ε.³ και Παναγόπουλος Α.⁴

¹ Γεωλόγος, Διονύσου 56, 152 34 Χαλάνδρι, perleros@internet.gr

² Περιφέρεια Κρήτης, Δ/ση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης, Τμήμα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, Ικάρου & Στερ. Σπανάκη 2, 71307 Ηράκλειο, watermgn@otenet.gr

³ Γεωλόγος, Αισχύλου 4, 19009 Ντράφι-Πικέρμι

⁴ Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας, Ινστιτούτο Διαχείρισης Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, 57400 Σίνδος, Θεσσαλονίκη, panagoroulos.lri@nagref.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή συνοψίζονται – συναξιολογούνται και παρατίθενται οι τελευταίες απόψεις και έρευνες επί του υπογείου υδατικού δυναμικού της νήσου Κρήτης. Δίδονται στοιχεία επί του συνολικού υδατικού δυναμικού του νησιού, παρατίθενται οι ανάγκες και τα ποσοστά σημερινής τους κάλυψης.

Διατυπώνονται επίσης παρατηρήσεις και προτάσεις για την περαιτέρω ορθολογική αξιοποίηση του υψηλού υπόγειου υδατικού δυναμικού του νησιού. Εκτιμάται ότι η μέση ετήσια κατείσδυση στο σύνολο των υδρογεωλογικών λεκανών της Κρήτης ανέρχεται σε $2,2 \cdot 10^9$ m³/έτος και η επιφανειακή απορροή σε $740 \cdot 10^6$ m³/έτος. Το σύνολο των υδατικών αναγκών του νησιού ανέρχεται σε $515 \cdot 10^6$ m³/έτος με σημερινή κατανάλωση τα $372 \cdot 10^6$ m³/έτος και με ποσοστό κάλυψης τα 72%.

Εκτιμάται ότι είναι δυνατή η κάλυψη του ελλείμματος με συνδυασμένες ενέργειες ορθολογικής αξιοποίησης του υπόγειου και του επιφανειακού υδατικού δυναμικού.

Η ιδιαιτερότητα του Υδατικού Διαμερίσματος της Κρήτης σε σχέση με τα υπόλοιπα της Ελλάδας έγκειται στο γεγονός ότι είναι στο μόνο που έχει ολοκληρωθεί μελέτη Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, στο διάστημα των ετών 2000-2001. Η μελέτη αυτή ανατέθηκε από την Περιφέρεια Κρήτης, Δ/ση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης, Τμήμα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, ύστερα από διεθνή διαγωνισμό, το Δεκέμβριο του 1999 στα Συμπράττοντα γραφεία μελετών "ΠΑΠΑΓΡΗΓΟΡΙΟΥ Σ., ΚΑΪΜΑΚΗ Σ., ΠΕΡΛΕΡΟΣ Β., ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ Ν., ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ και Συν/τες ΑΤΕΜ. με ειδικούς συμβούλους τις εταιρείες ENVECO Α.Ε. και WL/DELFT HYDRAULICS Ολλανδίας.

1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ – ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η Κρήτη αποτελεί, σύμφωνα με τον Ν.1739/87 περί διαχείρισης υδατικών πόρων ένα αυτόνομο υδατικό διαμέρισμα που περιλαμβάνει την ομώνυμη μεγαλόνησο μαζί με τα μικρά νησιά (Γαύδος, Δία, Κουφονήσι κλπ). Έχει συνολική έκταση 8.335 km² και καλύπτει το 6,3% της συνολικής έκτασης της χώρας.

Η μορφολογία της χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη τριών βασικών ζωνών : την ζώνη με υψόμετρο 400μ και άνω (υψηλή ή ορεινή), τη ζώνη από 200-400μ (μέση) και την χαμηλή ζώνη που αφορά τις περιοχές που εκτείνονται από την επιφάνεια της θάλασσας έως τα 200μ. Τα βασικά ορεινά συγκροτήματα είναι προς τα δυτικά τα Λευκά όρη (2.454μ.) στο κεντρικό τμήμα ο Ψηλορείτης (ή Ιδη, 2.456μ.) και προς τα ανατολικά το όρος Δίκη (2.147μ.) και τα όρη Σητείας (1.476μ.).

Προς τα δυτικά και νότια οι υπώρειες των ορέων είναι απότομες και φθάνουν με μεγάλη κλίση προς τη θάλασσα ενώ προς τα βόρεια το ανάγλυφο είναι πιο ήπιο και λοφώδες (πεδιάδες Χανίων, Ρεθύμνου). Η μεγαλύτερη πεδιάδα βρίσκεται στο νότιο-κεντρικό τμήμα του νησιού (πεδιάδα Μεσσαράς) ενώ στα νοτιοανατολικά αναπτύσσεται η πεδιάδα της Ιεράπετρας. Υπάρχουν επίσης αρκετά οροπέδια τα κυριότερα των οποίων είναι του Λασιθίου και του Ομαλού.

Ο συνολικός πληθυσμός του διαμερίσματος ανέρχεται σε 601.159 κατοίκους (ΕΣΥΕ, 2001) ή το 5,3% του συνολικού πληθυσμού της χώρας.

2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Η γεωλογία της Κρήτης χαρακτηρίζεται από μια αλληλουχία φάσεων διαφορετικής ηλικίας 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 (Ιόνιος Ζώνη) ένα αλλόχθονο σύστημα, με επιμέρους καλύμματα, επωθημένο πάνω στο αυτόχθονο και από τα νεότερα ιζήματα του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς.

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 – Τρυπαλίου. Περιλαμβάνει ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους έως μάρμαρα, δολομίτες, δολομιτικούς ασβεστόλιθους, ραουβάκες και ανθρακικά κροκαλολατυποπαγή
- Τεκτονικό κάλυμμα Φυλλιών – Χαλαζιών. Περιλαμβάνει φυλλίτες, μεταψαμίτες, χαλαζίτες και σχιστόλιθους, κροκαλοπαγή, ποικίλης σύστασης
- Ζώνη Τρίπολης. Περιλαμβάνει τους σχηματισμούς του φλύσχη, μεσο-παχυστρωματώδεις ασβεστολίθους και δολομίτες.
- Ζώνη Πίνδου. Περιλαμβάνει τους σχηματισμούς του φλύσχη, λεπτοστρωματώδεις ασβεστολίθους και στρώματα κερατολίθων.
- Οφιοιθικό κάλυμμα. Αποτελεί ένα σύνθετο πολύμεικτο τεκτονικό κάλυμμα με ποικιλία λιθολογικών σχηματισμών (οφιόλιθοι, γνεύσιοι, αμφιβολίτες, φλυσχοειδή ιζήματα, γρανίτες κ.α.)

Τα νεογενή και πλειοπλειστοκαινικά ιζήματα αναπτύσσονται σε μεγάλες εκτάσεις. Αποτελούνται από ιζήματα χερσαίας, ποτάμιας, υφάλμυρης και θαλάσσιας φάσης.

Τα τεταρτογενή ιζήματα είναι τοποθετημένα πάνω σε όλους τους σχηματισμούς τόσο του αλπικού υποβάθρου όσο και των νεογενών αποθέσεων και αποτελούνται από χερσαίες, θαλάσσιες έως λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις, άμμων, κροκαλών, αργίλων και χαλίκων ασύνδετων έως ελαφρά συγκολλημένων.

3 ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντώνται στην νήσο Κρήτη ταξινομήθηκαν με βάση την υδρολιθολογική τους συμπεριφορά και διαχωρίστηκαν στις εξής κατηγορίες.

Καρστικοί σχηματισμοί

- Υψηλής έως μέτριας υδροπερατότητας (Κ1)

Ασβεστόλιθοι, δολομίτες, κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, μάρμαρα υψηλής έως μέτριας υδροπερατότητας. Περιλαμβάνονται οι έντονα καρστικοποιημένοι ανθρακικοί σχηματισμοί της ζώνης της Τρίπολης, τα ανθρακικά Τρυπαλίου και οι Τριαδικοί κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες της Ιονίου ζώνης. Στους σχηματισμούς αυτούς αναπτύσσονται υψηλού δυναμικού υπόγειες υδροφορίες που εκφορτίζονται μέσω μεγάλων καρστικών πηγών.

- Μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας (Κ2)

Περιλαμβάνονται οι ασβεστόλιθοι της ζώνης της Πίνδου, οι κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι Ιουρασικής - Ηωκαινικής ηλικίας (Plattenkalk) της Ιονίου ζώνης και οι μικρότερες ανθρακικές εμφανίσεις των εσωτερικών καλυμμάτων. Η κυκλοφορία του νερού στους σχηματισμούς αυτούς ελέγχεται από τις παρεμβολές πυριτολίθων, κερατολίθων και αργιλικών σχιστολίθων. Στους σχηματισμούς αυτούς αναπτύσσονται μέσου έως μικρού δυναμικού υπόγειες υδροφορίες. Εξαιτίας του έντονου τεκτονισμού τους στις περιπτώσεις εκείνες που παρουσιάζουν και σημαντική επιφανειακή ανάπτυξη συμμετέχουν στην τροφοδοσία σημαντικών καρστικών πηγών.

- Μειοκαινικά ασβεστολιθικά λατυποκροκαλοπαγή Τοπολίων, μέτριας έως υψηλής υδροπερατότητας (Κ3)

Παρουσιάζουν τόσο πρωτογενές όσο και δευτερογενές πορώδες και φιλοξενούν σημαντικές υδροφορίες που εκφορτίζονται μέσω αξιόλογων πηγών.

Κοκκώδεις σχηματισμοί

- Κοκκώδεις προσχωματικές κυρίως αποθέσεις κυμαινόμενης υδροπερατότητας (Π1).

Στη κατηγορία αυτή ανήκουν οι αλλουβιακές αποθέσεις, οι ποτάμιες και θαλάσσιες αναβαθμί-
δες, τα κροκαλοπαγή ποτάμιας προέλευσης, τα πλευρικά κορήματα και οι κώνοι κορημάτων όταν
έχουν σημαντική εξάπλωση. Αναπτύσσονται, κατά θέσεις, αξιόλογες φρεάτιες υδροφορίες. Κοντά
στη θάλασσα οι υδροφορίες αυτές έχουν υποστεί κατά θέσεις, υποβάθμιση εξαιτίας της υφαλμύρι-
σης.

- Μειοκαινικές και πλειοκαινικές αποθέσεις μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας (Π2).

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα κροκαλοπαγή και οι μαργαίκοι ασβεστόλιθοι των νεο-
γενών σχηματισμών που φιλοξενούν επιμέρους υπόγειες υδροφορίες μέσου έως μικρού δυναμικού.

- Κοκκώδεις μη προσχωματικές αποθέσεις μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας (Π3)

Στη κατηγορία αυτή ανήκουν οι πλειοκαινικές και μειοκαινικές μάργες, καθώς και ο αδιαίρετος
σχηματισμός του νεογενούς. Τοπικά στον αδιαίρετο σχηματισμό των νεογενών αναμένεται η ανά-
πτυξη ασθενών υδροφοριών μέσα σε παρεμβολές κροκαλοπαγών ή μαργαίμων ασβεστολίθων. Κα-
τά θέσεις στις νεογενείς αποθέσεις αναπτύσσονται στρώματα γύψου που παρουσιάζουν αξιόλογη
υδροφορία εντόνως όμως υποβαθμισμένη εξαιτίας των θειικών ιόντων.

Αδιαπέρατοι σχηματισμοί

- Πρακτικά αδιαπέρατοι σχηματισμοί μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας (Α1)

Περιλαμβάνονται οι σχηματισμοί του φλύσχη και τα ελαφρώς μεταμορφωμένα αργιλικά ιζήματα
των διαφόρων ζωνών. Κατά θέσεις εντός των στρωμάτων του φλύσχη αναπτύσσονται τοπικού χα-
ρακτήρα υδροφορίες μικρού έως μέσου δυναμικού.

- Πρακτικά αδιαπέρατοι ή εκλεκτικής κυκλοφορίας σχηματισμοί μικρής έως πολύ μικρής
διαπερατότητας (Α2)

Συμμετέχουν στην κατηγορία αυτή τα μεταμορφωμένα και πυριγενή πετρώματα των διαφόρων
ζωνών και καλυμμάτων. Κατά θέσεις στους σχηματισμούς αυτούς, τόσο εξαιτίας του έντονου κερ-
ματισμού τους όσο και εξαιτίας της πετρολογικής σύνθεσης τους (π.χ. εναλλαγές χαλαζιτών, μαρ-
μάρων) αναπτύσσονται επιμέρους, τοπικού χαρακτήρα, υδροφορίες.

Γύψοι

Στο σχηματισμό των γύψων αναπτύσσεται υψηλού δυναμικού υπόγεια υδροφορία εξαιτίας της
διάλυσης τους ('ψευδοκαρστ') με υψηλή περιεκτικότητα σε θειικά ιόντα.

Στο σύνολο της Κρήτης οι καρστικοί σχηματισμοί καταλαμβάνουν το 37,6% της συνολικής έκτα-
σης της νήσου, οι κοκκώδεις υδροπερατοί σχηματισμοί το 39,6% και οι αδιαπέρατοι σχηματισμοί το
22,58%. Μικρό τέλος ποσοστό καταλαμβάνουν οι γύψοι (0,21%).

4 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

4.1 Υδρογεωλογικές λεκάνες και συστήματα

Το μεγαλύτερο ενδιαφέρον από υδρογεωλογική άποψη παρουσιάζουν οι τρεις μεγάλες σε έκτα-
ση ανθρακικές ενότητες που αναπτύσσονται στους ορεινούς όγκους των Λευκών Ορέων, του Ψη-
λορείτη και της Δίκτης – Σελένας και δευτερευόντως οι καρστικές ενότητες Σητείας. Οι ασβεστολιθι-
κοί αυτοί όγκοι τροφοδοτούν μεγάλο αριθμό αξιόλογων πηγών στην περίμετρο τους.

Η τεκτονική δομή και η στρωματογραφία (εναλλαγές διαπερατών και αδιαπέρατων σχηματι-
σμών) συμμετέχουν στη διαμόρφωση και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των υδρογεωλογικών λε-
κανών.

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό στη Κρήτη είναι η ύπαρξη μεγάλων παράκτιων και υποθαλάσσιων υ-
φαλμυρων καρστικών πηγών μαζί με τις αντίστοιχα μεγάλες καρστικές πηγές με καλής ποιότητας
υπόγειο νερό. Η ανυπαρξία γεωλογικών φραγμών σε εκτεταμένες ανθρακικές εμφανίσεις προς τη
θάλασσα σε συνδυασμό με παλαιογεωγραφικά αίτια έχουν συντελέσει στην υφαλμύριση σημαντι-
κών καρστικών υδροφορέων.

Οι υδρογεωλογικές συνθήκες της κάθε περιοχής εξαρτώνται άμεσα από τις αντίστοιχες γεωλο-
γικές, τεκτονικές και μορφολογικές συνθήκες. Ετσι με βάση, αρχικά, την υδρολιθολογική ταξινόμηση

των γεωλογικών σχηματισμών και σε συνδυασμό με τους προαναφερόμενους παράγοντες γίνεται ο διαχωρισμός της νήσου Κρήτης σε υδρογεωλογικές ενότητες.

Όσον αφορά τον διαχωρισμό των υδρογεωλογικών ενότητων των νεογενών και τεταρτογενών σχηματισμών λήφθηκαν υπόψη, εκτός των παραπάνω, τόσο η ανάπτυξη υπόγειας υδροφορίας καθώς και η κατανομή των υδροληπτικών έργων σε αυτούς.

Ο διαχωρισμός σε υδρογεωλογικές ενότητες καθώς και τα ποσοστά κατείσδυσης ανά σχηματισμό βασίσθηκαν :

- ο σε βιβλιογραφικά δεδομένα (μελέτες, έρευνες φορέων Δημοσίου και ΟΤΑ, ΙΓΜΕ, ΤΥΔΚ κλπ.)
- ο στις πληροφορίες που έχουν συλλεχθεί περί εκμετάλλευσης υπόγειων υδροφοριών.

Οι συντελεστές κατείσδυσης στους ανθρακικούς σχηματισμούς διαμορφώθηκαν επίσης λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις μετρήσεις παροχών των καρστικών πηγών που πραγματοποιούνται από την Περιφέρεια Κρήτης (παλαιότερα από την ΠΔΕΒ Κρήτης του Υπ.Γεωργίας) και το ΙΓΜΕ, όπως επίσης και από τα αποτελέσματα των υδρογεωλογικών και υδρολογικών μοντέλων που συντάχθηκαν.

Οι συντελεστές κατείσδυσης που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1. Συντελεστές κατείσδυσης Ν.Κρήτη

ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ	ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ
ΑΝΘΡΑΚΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΙΣΜΟΙ	
Καρστικοί σχηματισμοί υψηλής έως μέτριας υδροπερατότητας	55% (δυτικά) – 50% (ανατ/κά)
Μειοκαινικά ασβεστολιθικά λατυποκροκαλοπαγή Τοπολιών, μέτριας έως υψηλής υδροπερατότητας	55%
Καρστικοί σχηματισμοί μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας	45% (δυτικά) – 40% (ανατ/κά)
ΠΟΡΩΔΕΙΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	
Κοκκώδεις προσχωματικές κυρίως αποθέσεις κυμαινόμενης υδροπερατότητας	20%
Μειοκαινικές και πλειοκαινικές αποθέσεις μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας	25%
Κοκκώδεις μη προσχωματικές αποθέσεις μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας	10%
ΑΔΙΑΠΕΡΑΤΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	
Πρακτικά αδιαπέρατοι σχηματισμοί μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας (Α1)	5%
Πρακτικά αδιαπέρατοι ή εκλεκτικής κυκλοφορίας σχηματισμοί μικρής έως πολύ μικρής διαπερατότητας (Α2)	5%-8%

4.2 Εκτίμηση υπόγειου υδατικού δυναμικού

Με βάση τα επιμέρους ισοζύγια των υδρογεωλογικών ενότητων και λεκανών που αναπτύσσονται στην Κρήτη προέκυψε ο συγκεντρωτικός πίνακας όπου παρουσιάζονται ανά είδος υδροφορέα οι μέσες ετήσιες υπογείως διακινούμενες ποσότητες για το σύνολο των υδρογεωλογικών ενότητων της Κρήτης.

Από τις καρστικές λεκάνες ένα τμήμα των ανωτέρω διακινούμενων υπογείως ποσοτήτων αναφέρεται σε υφάλμυρα νερά. Οι κύριες υφάλμυρες πηγές στις οποίες παρακολουθείται η παροχή τους εκφορτίζουν ετησίως περί τα $450 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$. Εκτιμάται ότι η συνολική ποσότητα υφάλμυρου νερού μαζί με τις υποθαλάσσιες εκφορτίσεις ανέρχεται σε $800-1.000 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$.

Η συνολική έκταση της Κρήτης που περιλαμβάνει και τα μικρά νησιά ανέρχεται σε 8.335 km^2 . Η υπόλοιπη έκταση των περίπου 2.000 km^2 που υπολείπεται στον πίνακα 2 αναφέρεται κυρίως στα αναπτύγματα των φυλλιών – χαλαζιτών και του φλύσχη όπως επίσης και σε μικρές επιμέρους εμφανίσεις ανθρακικών και κοκκωδών σχηματισμών.

Πίνακας 2. Συγκεντρωτικός πίνακας υδρογεωλογικών ενοτήτων Ν. Κρήτης

Έκταση m ²	Μέσο ετήσιο ύ- πος βροχής mm	Όγκος κα- τακρ/των m ³ /έτος	Μέση κα- τείσδυση (%)	Όγκος κατεισδύοντος νερού m ³ /έτος	
A. ΚΑΡΣΤΙΚΕΣ ΥΔΡΟΦΟΡΙΕΣ					
ΣΥΝΟΛΟ:	2,729,623,071	1,300	3,549,291,248	50	1,788,224,156
B. ΝΕΟΓΕΝΕΙΣ - ΠΡΟΣΧΩΣΙΓΕΝΕΙΣ ΥΔΡΟΦΟΡΙΕΣ					
ΣΥΝΟΛΟ:	2,597,278,713	693	1,799,292,422	20	364,754,573
Γ. ΑΛΛΕΣ ΥΔΡΟΦΟΡΙΕΣ					
ΣΥΝΟΛΟ:	975,837,125	780	760,687,235	10	80,585,170
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ:	6,302,738,909	969	6,109,270,904	37	2,233,563,899

5 ΓΕΝΙΚΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

5.1 Στοιχεία υδρολογικού ισοζυγίου

Στη μελέτη Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κρήτης έγινε επεξεργασία στοιχείων από 96 μετεωρολογικούς σταθμούς και μετά από διόρθωση και ομογενοποίηση προέκυψαν οι χρονοσειρές με τα μέσα ύψη βροχής. Η μέση ετήσια βροχόπτωση στο υδατικό διαμέρισμα υπολογίσθηκε σε 927 mm που αντιστοιχεί σε $7,69 \cdot 10^9$ m³ κατακρημνισμάτων σε ετήσια βάση. Από τη ποσότητα αυτή πάνω από 60% καταναλώνεται ως εξατμισοδιαπνοή (Πίν.3).

Η Κρήτη γενικώς παρουσιάζει σημαντική ανισοκατανομή του ετήσιου όγκου βροχόπτωσης τόσο γεωγραφικά (από ανατολικά προς δυτικά και βόρεια προς νότια), όσο και φυσιογραφικά (πεδινές, ορεινές περιοχές) εμφανίζοντας βροχοβαθμίδα από τις μεγαλύτερες της Ελλάδας : 61 mm/100m η οποία προκύπτει από την γραμμική συσχέτιση όλων των βροχομετρικών σταθμών στην Κρήτη. Με τη χρήση της βροχοβαθμίδας αυτής έγινε η χάραξη των ισουέτιων καμπυλών. Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι στην ανατολική Κρήτη κατά 22% μικρότερη σε σχέση με τη Δυτική.

Πίνακας 3. Ετήσιο Υδατικό Ισοζύγιο Κρήτης (σε 10⁹m³)

ΣΥΝΟΛΟ ΚΡΗΤΗΣ (έκταση 8.335 km ²)				
ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ (Υ.Ε.)	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ Ε/Δ	ΑΠΟΡΡΟΗ	ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ
Κανονικό ΥΕ.	7,69	4,83	0,74	2,12
Υγρό Υ.Ε.	10,33	6,48	0,99	2,85
Ξηρό Υ.Ε.	5,07	3,18	0,49	1,40
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΚΡΗΤΗ (έκταση 4.430 km ²)				
ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ (Υ.Ε.)	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ Ε/Δ	ΑΠΟΡΡΟΗ	ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ
Κανονικό ΥΕ.	3,61	2,27	0,35	1,00
Υγρό Υ.Ε.	4,91	3,08	0,47	1,35
Ξηρό Υ.Ε.	2,33	1,49	0,22	0,64
ΔΥΤΙΚΗ ΚΡΗΤΗ (έκταση 3.870 km ²)				
ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ (Υ.Ε.)	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ Ε/Δ	ΑΠΟΡΡΟΗ	ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ
Κανονικό ΥΕ.	4,07	2,55	0,39	1,12
Υγρό Υ.Ε.	5,40	3,39	0,52	1,49
Ξηρό Υ.Ε.	2,74	1,72	0,26	0,76

Στη ν.Κρήτη αναπτύσσονται πολλές υδρολογικές λεκάνες καμία εκ των οποίων η έκταση τους δεν ξεπερνά τα 600km² με έντονη διακύμανση των παροχών τους. Η συνολική μέση απορροή που διακινείται ετησίως επιφανειακά από τα κυριότερα υδατορεύματα του νησιού ανέρχεται σε $500 \cdot 10^6$ m³/έτος σε σύνολο $740 \cdot 10^6$ m³/έτος ολικής επιφανειακής απορροής. Η απορροή αυτή περιλαμβάνει τόσο πηγία νερά που εκφορτίζονται εντός των αντίστοιχων λεκανών απορροής όσο και την καθεαυτό επιφανειακή απορροή.

5.2 Υδατικές ανάγκες Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης

Οι συνολικές υδατικές ανάγκες που υπολογίσθηκαν ανά είδος χρήσης, ανά νομό αλλά και συνολικά για την ν.Κρήτη παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πιν. 4).

Πίνακας 4. Εκτίμηση συνολικών ετήσιων αναγκών - Υφιστάμενη Κατάσταση (m³/έτος)

Νομός	Υδρευση	Κτηνοτροφία	Αρδευση *	Ελαιουργία	Βιομηχανία	Σύνολο
Χανίων	17,469,000	1,707,000	108,897,000	236,000	1,459,000	129,768,000
Ρεθύμνης	8,427,000	1,842,000	39,143,000	136,000	269,000	49,818,000
Ηρακλείου	30,152,000	1,920,000	202,914,000	415,000	1,334,000	236,735,000
Λασιθίου	9,290,000	704,000	88,664,000	143,000	114,000	98,916,000
<i>Περιφέρεια</i>	<i>65,338,000</i>	<i>6,173,000</i>	<i>439,618,000</i>	<i>930,000</i>	<i>3,176,000</i>	<i>515,237,000</i>

*Η ζήτηση της άρδευσης είναι η "επιθυμητή" ζήτηση με βάση την βέλτιστη απόδοση των καλλιεργειών

5.3 Ισοζύγιο προσφοράς ζήτησης

Από την επεξεργασία των συνολικών αναγκών σε επίπεδο Δήμων της Ν.Κρήτης προκύπτει ότι οι σημερινές ανάγκες σε νερό καλύπτονται σε ποσοστό 72,20% όπως αναλυτικά παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα (Πιν. 5).

Πίνακας 5. Ισοζύγιο Προσφοράς και Ζήτησης - Υφιστάμενη κατάσταση

Συνολικές ποσότητες σε 10 ⁶ m ³	Κατανάλωση	Ελλειμμα	Κάλυψη
Αρδευση	302.06	156.31	65.90%
Υδρευση και λοιπές χρήσεις	69.75	7.59	90.20%
<i>Σύνολο χρήσεων</i>	<i>371.81</i>	<i>163.90</i>	<i>72.20%</i>

6 ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ ΙΔΙΑΙΤΕΡΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

6.1 Λεκάνες με διαχρονικά προβλήματα υπεραντλήσεων

Σε κάποιες περιοχές παρατηρείται διαχρονική πτώση στάθμης της υπόγειας υδροφορίας ως αποτέλεσμα των υπεραντλήσεων. Σε αρκετές λεκάνες μετά το 1995-96 η πτωτική τάση της πιεζομετρικής επιφάνειας έχει ανακοπεί λόγω των περιοριστικών μέτρων για τις γεωτρήσεις, που λήφθηκαν από την Περιφέρεια και της μείωσης των αντλούμενων ποσοτήτων. Σε κάποιες βέβαια περιοχές η πτώση στάθμης είναι συνεχής χωρίς σημάδια ανάκαμψης (Νομοί Λασιθίου, Ηρακλείου και Ρεθύμνου).

Στο Νομό Χανίων δεν παρουσιάζονται ιδιαίτερα προβλήματα υπερεκμετάλλευσης των υπόγειων υδροφοριών. Κάποια προβλήματα παρατηρούνται σε επιμέρους ανεξάρτητες υδροφορίες των νεογενών και ανθρακικών σχηματισμών της περιοχής Κολυμπαρίου – Κισσάμου.

Η μείωση των αντλήσεων και η εφαρμογή περιοριστικών μέτρων έχει άμεση απόκριση επί της συμπεριφοράς των υδροφορέων και πρέπει να επεκταθεί στις περιοχές που παρουσιάζονται προβλήματα υπερεκμετάλλευσης.

6.2 Προβλήματα ποιότητας υπογείων υδάτων

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό γνώρισμα της Κρήτης είναι η ανάπτυξη εκτεταμένων ανθρακικών καρστικών συστημάτων σε ποσοστό 38% της όλης έκτασης της. Σε πολλά καρστικά συστήματα το επίπεδο καρστικοποίησης βρίσκεται σε αρκετές δεκάδες μέτρα κάτω από την σημερινή επιφάνεια της θάλασσας εξαιτίας γεωλογικών – παλαιογεωγραφικών δεδομένων. Για το λόγο αυτό σε συνδυασμό με την ύπαρξη γεωλογικού φραγμού στα τρία κύρια καρστικά συστήματα των Λευκών Ορέων, Ψηλορείτη – Ταλαίων, Δίκτης Σελένας όπως και σε άλλα μικρότερα συναντώνται μεγάλες υφάλμυρες πηγές. Από τα τρία αυτά μεγάλα καρστικά συστήματα σε αυτό των Λευκών Ορέων συναντώνται και μεγάλου δυναμικού καλής ποιότητας καρστικές πηγές επειδή η γεωλογία και τεκτονική απομονώνουν επιμέρους υδρογεωλογικές λεκάνες από την επιρροή της θάλασσας (πηγές Αγιάς, Καλα-

μιάνα, Μεσκλών, Στύλου και Αρμένων). Στα υπόλοιπα κύρια καρστικά συστήματα δεν συναντώνται υψηλού δυναμικού, καλής ποιότητας υδροφορίες.

Πέραν των καρστικών συστημάτων υφαλμύριση συναντάται και στους παράκτιους κοκκώδεις υδροφορείς εξαιτίας της υπεράντλησης του υπόγειου νερού (Τυμπάκι, Ρέθυμνο κλπ).

Στις αποθέσεις τέλος των νεογενών σχηματισμών όπως και στο φυλλικό κάλυμμα συναντώνται, εκτεταμένα κατά θέσεις, στρώματα γύψων (νότια της πόλης του Ηρακλείου, περιοχή Αμπελούζου κλπ). Η υψηλή διαπερατότητα των γύψων τους καθιστά αξιόλογους υδροφορείς με προβλήματα όμως ποιότητας εξαιτίας της διάλυσης των και της μόλυνσης του υπόγειου νερού με θειικά άλατα.

Κατά θέσεις επίσης στα νεογενή στρώματα (περιοχή Μεσαράς) συναντώνται εβαπορίτες (ορυκτό άλας) που έχει ως αποτέλεσμα τις μεγάλες συγκεντρώσεις σε Cl των υπογείων νερών χωρίς αυτό να συνδέεται με διείσδυση της θάλασσας.

6.3 Έργα υποδομής – ταμίευσης επιφανειακών απορροών

Η Περιφέρεια, ενόψει των χρηματοδοτήσεων από το Γ' ΚΠΣ, έχει γίνει αποδέκτης πολλών προτάσεων που αφορούν μελέτη ή/και κατασκευή πολυάριθμων έργων υποδομής, κυρίως δε έργων αποταμίευσης των χειμερινών επιφανειακών απορροών (λιμνοδεξαμενές και ταμιευτήρες). Τα περισσότερα από τα έργα αυτά είναι μικρά και τοπικού χαρακτήρα.

Στην Ν. Κρήτη έχουν κατασκευασθεί ή βρίσκονται υπό κατασκευή μέχρι σήμερα 16 λιμνοδεξαμενές και φράγματα με δυνατότητα ταμίευσης περί τα $66 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ νερού. Αρκετά από τα έργα αυτά που έχουν ολοκληρωθεί παρουσιάζουν κάποια προβλήματα λειτουργίας (ελλιπή δίκτυα, κατασκευαστικά προβλήματα κλπ).

Υπάρχουν επίσης ολοκληρωμένες μελέτες για κατασκευή 5 ταμιευτήρων συνολικού όγκου περί τα $60 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ νερού. Μέχρι σήμερα έχουν επίσης προταθεί σε διάφορες φάσεις μελετών 6 φράγματα και 14 λιμνοδεξαμενές συνολικού όγκου $33 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ και $10 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Υπάρχει ανάγκη τα προτεινόμενα έργα ταμίευσης να αντιμετωπισθούν στα πλαίσια ενός περιφερειακού προγραμματισμού για το σύνολο του νησιού.

7 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΠΙ ΤΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ Ν.ΚΡΗΤΗΣ

7.1 Συμπεράσματα

Το Υδατικό Διαμέρισμα είναι ισχυρά πλεονασματικό σε νερό εάν κανείς θεωρήσει τα απόλυτα μεγέθη προσφοράς και ζήτησης νερού.

Η μέση ετήσια προσφορά (θεωρητικά) επιφανειακών και υπογείων υδατικών πόρων ανέρχεται σε $2860 \times 10^6 \text{ m}^3$ νερού ενώ η επιθυμητή ζήτηση ανέρχεται μόλις στα $515 \times 10^6 \text{ m}^3$ (η σημερινή πραγματική κατανάλωση ανέρχεται σε $372 \times 10^6 \text{ m}^3$). Όμως η ιδιαίτερη γεωλογία και γεωμορφολογία του Υ.Δ. και οι κλιματολογικές συνθήκες μετατρέπουν αυτό το ισχυρό απόλυτο πλεόνασμα σε μικρότερο σχετικό πλεόνασμα, σε συνδυασμό δε με την έντονη εποχιακότητα της προσφοράς και την χωρική ανισοκατανομή των πόρων εμφανίζονται και αδυναμίες κάλυψης της υφιστάμενης ζήτησης κατά τόπους. Ενδεικτικό των ιδιαιτεροτήτων της Κρήτης είναι το γεγονός ότι οι τρεις μεγάλες υφάλμυρες καρστικές πηγές της νήσου (Αλμυρός Γεωργιούπολης, Αλμυρός Ηρακλείου και Αλμυρός Αγίου Νικολάου) εκφορτίζουν σε μέση ετήσια βάση περί τα $450 \times 10^6 \text{ m}^3$, δηλαδή το 15,7% της συνολικής προσφοράς νερού, το 87,3% της συνολικής επιθυμητής ζήτησης και το 120,9% της πραγματικής σημερινής κατανάλωσης. Εξαιρώντας τις ποσότητες που εκφορτίζουν οι τρεις αυτές πηγές, το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο υδατικό δυναμικό επιφανειακό και υπόγειο εκτιμάται ότι ανέρχεται, κατά μέγιστο, σε $857 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Η χωρική ανομοιογένεια της διαθεσιμότητας, αλλά κυρίως της δυνατότητας αξιοποίησης του νερού είναι ένας ακόμη παράγοντας που οξύνει τα προβλήματα κάλυψης της ζήτησης. Η Δυτική Κρήτη εμφανίζει κατά μέσο ετήσιο όρο 11,9% μεγαλύτερη προσφορά νερού απ' ό,τι η Ανατολική, αλλά οι υδατικοί της πόροι είναι για γεωλογικούς κυρίως λόγους αξιοποιήσιμοι σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό. Ωστόσο, προβλήματα διαθεσιμότητας νερού εμφανίζονται κατά τόπους και στη Δυτική Κρήτη.

Στο σύνολο της Κρήτης το μεγαλύτερο ποσοστό των βροχοπτώσεων (62%) δαπανάται για την κάλυψη της εξατμισοδιαπνοής και μόνο το υπόλοιπο 38% κατεισδύει ή απορρέει σε ποσοστά 28% και 10% αντίστοιχα.

Σήμερα σε επίπεδο υδατικού διαμερίσματος καταναλώνονται ετησίως $372 \times 10^6 \text{ m}^3$ ενώ οι ανάγκες ανέρχονται σε $515 \times 10^6 \text{ m}^3$. Το ποσοστό κάλυψης των υδατικών αναγκών ανέρχεται σε 72% (66% για την άρδευση και 90% για την ύδρευση).

Η κάλυψη του ανωτέρω ελλείμματος είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί με συνδυασμένες ενέργειες που θα έχουν ως στόχο την πλέον ορθολογική και τεχνικώς αποδοτικότερη αξιοποίηση κυρίως του υπόγειου υδατικού δυναμικού των καρστικών συστημάτων αλλά και του επιφανειακού.

Οι ενέργειες αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν :

- Ενιαία εκμετάλλευση και εκτίμηση του υδατικού δυναμικού των καρστικών συστημάτων
- Αξιοποίηση νέων μεθόδων διερεύνησης των υφάλμυρων εκφορτίσεων
- Εφαρμογή προγραμμάτων τεχνητού εμπλουτισμού
- Κατασκευή έργων ταμίευσης των χειμερινών επιφανειακών απορροών με γενικό προγραμματισμό και όχι αποσπασματικά

7.2 Προτάσεις - συμπλήρωση υδρολογικών – υδρογεωλογικών δεδομένων

Με βάση την επεξεργασία των υδρογεωλογικών και υδρολογικών δεδομένων στο υδατικό διαμέρισμα Κρήτης στα πλαίσια της μελέτης Διαχείρισης Υδατικών Πόρων επισημαίνονται τα κάτωθι κύρια θέματα :

- Υπάρχει ανάγκη συμπλήρωσης της γεωλογικής και υδρογεωλογικής βασικής γνώσης για τα μεγάλα υδρογεωλογικά, κυρίως καρστικά συστήματα στην Κρήτη. Η γνώση αυτή πρέπει να αντιμετωπίζει σε ενιαία βάση τις μεγάλες αυτές υδρογεωλογικές ενότητες και όχι αποσπασματικά σε επίπεδο διοικητικών ορίων όπως μέχρι σήμερα.
- Είναι σκόπιμη η παρακολούθηση της παροχής όλων των υφάλμυρων πηγών (Γεωργιούπολη, Πλατάνου Κισσάμου κλπ), όπως επίσης και με κάποιον τρόπο των υποθαλάσσιων εκφορτίσεων χρησιμοποιώντας σύγχρονες τεχνικές και μεθόδους.
- Είναι απαραίτητη η τοποθέτηση υδρομετεωρολογικών σταθμών σε μεγάλα υψόμετρα, ιδιαίτερα χρήσιμοι λόγω της μεγάλης υψομετρικής ανομοιομορφίας του Υ.Δ. και της έλλειψης δεδομένων
- Υπάρχει ανάγκη πύκνωσης του δικτύου υδρομετρήσεων σε υδατορεύματα με σημαντική λεκάνη απορροής (π.χ. Πλατύς) και εγκατάσταση σταθμών σε ορισμένα σημαντικά υδατορεύματα που δεν διαθέτουν στοιχεία (π.χ. Καρτερός).
- Πέραν των μετρήσεων στάθμης υγρής και ξηρής περιόδου που πραγματοποιούνται σε μεγάλο αριθμό σημείων, υπάρχει ανάγκη ανά περιοχή ύπαρξης πλήρους σειράς μετρήσεων μηνιαίου χρονικού βήματος για τις κύριες τουλάχιστον υδρογεωλογικές λεκάνες.
- Στα πλαίσια αυτά, είναι ιδιαίτερα θετικό στοιχείο η εγκατάσταση αυτογραφικών οργάνων μέτρησης της στάθμης σε χαρακτηριστικά σημεία της Κρήτης από την Περιφέρεια, που πρέπει να επεκταθεί.
- Υπάρχει ανάγκη ανακατανομής της διάταξης των σημείων παρακολούθησης, παροχών και υπόγειας στάθμης, τόσο σε επίπεδο λεκανών, όσο και σε Νομαρχιακό και Περιφερειακό επίπεδο.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Αρανίτης, Σ., Ζερβογιάννης, Γ., Μελισσάρης, Π., ΥΔΡΟΓΑΙΑ, 1973. Μελέτη ύδρευσης Αγ. Νικολάου - Νεαπόλεως - Ελούντας και πέριξ κοινοτήτων - Υδρογεωλογική έρευνα. Νομαρχιακό Ταμείο Λασιθίου
- Αρανίτης, Σ., Ζερβογιάννης, Γ., Μελισσάρης, Π., ΥΔΡΟΓΑΙΑ, 1977. Υδρογεωλογική μελέτη πηγών περιοχής Αγυιάς Ν.Χανίων. ΥΠ.Δ.Ε. – Υπηρεσία Υδραυλικών Έργων
- FAO, 1969. Study of the water resources and their exploitation for irrigation in eastern Crete
- Κνιθάκης, Ε., Καλούμενος, Κ., ΙΓΜΕ, 1998. Έκθεση μελέτης υπογείων καρστικών υδροφοριών Α-ΒΑ τμήματος των Λευκών Ορέων.
- Κνιθάκης, Ε., Ουρανός, Γ., Καλούμενος, Κ., Ζουρμπάκης, Β., ΙΓΜΕ, 1983-95. Υδρογεωλογική έρευνα περιοχής Ν.Ρεθύμνου. ΥΠΕΧΩΔΕ

Κνιθάκης, Ε., Πολυχρονάκη, Α., Καλούμενος, Κ., ΙΓΜΕ, 1993. Οι υδρογεωλογικές συνθήκες στο Ν.Ηρακλείου.
Κνιθάκης, Ε., ΙΓΜΕ, 1994. Συνάντηση Δικτύου Romans-Zlip-Αγ. Νικόλαος, Πρόγραμμα ECOS. Συμβολή του ΙΓΜΕ στην αξιοποίηση των υδατικών πόρων της περιοχής του Αγ. Νικολάου.
Κνιθάκης, Ε., Καλογιαννάκης, Ε., Ζαμπετάκης, Γ., ΙΓΜΕ, 1990. Εκθεση υδρογεωλογικής έρευνας της πηγής Αλμυρού Αγ.Νικολάου και της ευρύτερης περιοχής πηγής Αλμυρού. Νομαρχία Λασιθίου
Λιονής Μ., Περλέρος, Β. 2001. Υδρογεωλογική Μελέτη Κάμπου Χανίων. Υπουργείο Γεωργίας.
Μπεζές, Κ., 1992. Υδρογεωλογική μελέτη ευρύτερης περιοχής Τυλίσσου - Νομού Ηρακλείου Κρήτης. Δήμος Ηρακλείου, ΔΕΥΑΗ.
Παπαρηγορίου Σ., Καϊμάκη Π., Παπαγεωργίου-Τορτοπίδη Ν., Περλέρος Β., Λαζαρίδης & Συν/τες ΑΤΕΜ. 2001. Ολοκληρωμένη διαχείριση Υδατικών Πόρων Κρήτης. Περιφέρεια Κρήτης.
Περιφέρεια Κρήτης (πρώην ΠΔΕΒ Κρήτης του Υπ.Γεωργίας). Στοιχεία Υδρομετρήσεων παροχών πηγών και ποταμών.

ABSTRACT

GROUNDWATER POTENTIAL OF THE ISLAND OF CRETE. PROBLEMS AND PERSPECTIVES.

Perleros V.¹, Papamastorakis D.², Kritsotakis M.², Drakopoulou E.³ and Panagopoulos A.⁴

¹ *Geologist, 56 Dionysou str., 152 34, Halandri, perleros@internet.gr*

² *Region of Crete, Directorate of Planning and Development, Department of Water Resources Management, 2 St.Spanaki & Ikarou str., 71307 Heraklio, watermgn@otenet.gr*

³ *Geologist, 4 Eschylou str, 19009 Drafi-Pikermi*

⁴ *National Agricultural Research Foundation, Institute for Management of Water Resources and the Environment, 57400 Sindos, Thessaloniki, panagopoulos.lri@nagref.gr*

This paper presents, reviews and evaluates the latest views and researches carried out on groundwater resources potential of the island of Crete. Data on the overall water budget of the island are provided, whilst information is also furnished on the actual water demands and the current percentage these are met.

Comments and proposals are made towards further rational management of the documented rich groundwater potential of the island along with proposals on the utilization of the considerable surface runoff waters in the form of off-course basins and dams.

The distinctiveness of the Water District of Crete, in comparison with the rest Districts of Greece, lays on the fact that it is the only one for which an Integrated Water Resources Management study exists that was compiled in the period 2000-2001. Elaboration of this study was assigned by the Regional Authority of Crete, Directorate for Planning and Development, Section of Water Resources Management, to the consorting consultancy firms of PAPANAGRIORIOU S., KAIMAKI S, PARLEROS V., PAPAGEORGIOU N, LAZARIDES and Ass., ATEM. with special scientific consultation from the firms ENVECO S.A. and WL/DELFT HYDRAULICS of Netherlands, on December 1999 following an international procurement.