

ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΩΝ ΝΗΣΙΩΝ ΤΟΥ ΚΥΚΛΑΔΙΚΟΥ ΣΥΜΠΛΕΓΜΑΤΟΣ (Παράδειγμα : ΣΥΡΟΣ, ΤΗΝΟΣ, ΠΑΡΟΣ, ΑΝΤΙΠΑΡΟΣ)*

Φ. Η. ΧΑΡΜΑΝΙΔΗΣ¹

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η χημική σύσταση των υπόγειων νερών των νησιών των Κυκλάδων, Σύρου-Τήνου-Πάρου και Αντιπάρου, προκύπτει από δύο παράγοντες:

- Την επικράτηση των κρυσταλλικών υδροφόρων σε περιβάλλον ανθρακικό (μάρμαρα).
- Τη μόλυνση, περισσότερο ή λιγότερο σημαντική, από τη θαλάσσια διείσδυση στους υδροφόρους αυτούς.

Από τις χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν σε σημεία ύδατος (γεωτρήσεις, πηγές κ.λ.π.) διαπιστώνεται ότι τα νερά κατατάσσονται γενικώς σε δύο κυρίως χημικούς τύπους: οξυνο-ανθρακικούς, ασβεστούχους και νατριο-χλωριούχους.

Διαπιστώνεται επίσης ότι δεν υπάρχει ουσιαστική διαφορά στο χημισμό των νερών των νησιών Σύρου, Τήνου, Αντιπάρου. Στα νησιά αυτά, ο χημισμός των υπόγειων νερών παρουσιάζει υψηλή περιεκτικότητα HCO_3^- μαζί με μία φανερή θαλάσσια επίδραση εκφρασμένη από πολύ υψηλές τιμές Cl^- , Na^+ και $\text{SO}_4^{=}$.

Αντίθετα στην Πάρο, οι κρυσταλλικοί υδροφόροι, μέσα στους οποίους έχουν ανορυχθεί πολυάριθμες γεωτρήσεις, είναι πολύ λιγότερο μολυσμένοι από τη θαλάσσια διείσδυση.

ABSTRACT

The hydrochemical classification of groundwater in the islands of Cyclades (Tinos, Syros, Paros, Antiparos) is based on the following two factors:

- The predominance of karstic aquifers in a carbonate environment (marbles).
- The more or less important contamination from sea intrusion into these aquifers.

As obtained by the carried out chemical analyses in water points (boreholes, springs, etc), the waters are classified in general in two main chemical types: carbonate-calcitic and sodium-chloride.

It is also noted that essential difference is not observed in the chemism of the waters in the islands Syros, Tinos, Antiparos. The groundwater chemism in these islands presents high HCO_3^- content and apparent sea intrusion expressed by very high values of Cl^- , Na^+ and $\text{SO}_4^{=}$.

In Paros, conversely, the karstic aquifers where numerous boreholes have been drilled, are much less contaminated by sea intrusion.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Κυκλάδες, Υπόγειο υδατικό δυναμικό, Κρυσταλλικός υδροφόρος, Υδροχημικά χαρακτηριστικά

KEY WORDS: Cyclades, Groundwater potential, Karstic aquifer, Hydrochemical characteristics

* **HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF GROUNDWATER FROM THE CYCLADIC ISLANDS (CASE: SYROS, TINOS, PAROS, ANTIPAROS)**

¹ Dr. Υδρολόγος, [Υπηρεσία Βιβλιοθήκη Θεσσαλονίκης](http://www.geology.gr), Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα υδροχημικά χαρακτηριστικά των υπόγειων νερών του Κυκλαδικού συμπλέγματος (παράδειγμα: Σύρος, Τήνος, Πάρος, Αντίπαρος) καταδείχτηκαν, μετά από ένα σημαντικό αριθμό φυσικο-χημικών αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν κατά την περίοδο 1992-1994, στα πλαίσια της Υδρογεωλογικής Μελέτης που εκπονείται από το ΙΓΜΕ.

Τα υδροσημεία δειγματοληψίας, 49 συνολικά, κατανεμήθηκαν στα 4 νησιά ως εξής:

- Στη Σύρο : 15 γεωτρήσεις.
- Στην Τήνο : 11 γεωτρήσεις και 5 πηγές.
- Στην Πάρο : 9 γεωτρήσεις και 3 πηγές.
- Στην Αντίπαρο : 5 γεωτρήσεις και 1 πηγή.

Σε κάθε σημείο νερού από τα παραπάνω, πραγματοποιήθηκαν 4 σειρές δειγματοληψίας. Παράλληλα όμως με τη δειγματοληψία των υπόγειων νερών, πραγματοποιήθηκε και δειγματοληψία νερού βροχής σε 4 βροχόμετρα, για να ελεγχθεί η χημική του κατάσταση.

Τα βροχόμετρα αυτά είναι κατανεμημένα ως εξής :

- Ένα (1) βροχόμετρο στο χωριό Νάουσα, στη Βόρεια ακτή της Νήσου Πάρου.
- Ένα (1) βροχόμετρο στη χώρα της Τήνου στη Νότια ακτή του νησιού και
- Δύο (2) βροχόμετρα στη Νήσο Σύρο, στην πρωτεύουσα Ερμούπολη του νησιού και στο χωριό Παροακτιή.

Οι σχετικές αναλύσεις παρουσιάζονται στο Π.Ν.1, συμπληρωμένες από τις αναλύσεις των βροχοπτώσεων στην Ηπειρωτική Ελλάδα (Αθήνα) για λόγους συγκριτικής ανάλυσης.

Οι προσδιορισμοί (που πραγματοποιήθηκαν στα εργαστήρια του ΙΓΜΕ) αφορούν τα στοιχεία : Ca, Mg, Na, K, Cl, SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , NO_3^- , καθώς και ορισμένες φυσικο-χημικές παραμέτρους, όπως pH, Αγωγιμότητα (CE) και Σκληρότητα.

2. ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ

Με αφετηρία το μεγάλο πλήθος των χημικών αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν στα 4 νησιά, έγινε η υδροχημική ταξινόμηση των νερών σε ομάδες ή οικογένειες, για το σύνολο των δειγμάτων των υπόγειων νερών των προαναφερόμενων νησιών.

Έτσι λοιπόν για τη Σύρο (Π.Ν.4) έχουμε 3 ομάδες.

Η 1η περιλαμβάνει έναν αριθμό αναλύσεων σε νερά γεωτρήσεων των οποίων το TDS (σύνολο διαλυμένων αλάτων) κυμαίνεται μεταξύ 800 και 1.700 mg/l και των οποίων η αγωγιμότητα περιέχεται γενικώς μεταξύ 1.000 και 2.440 $\mu S/cm$. Τα νερά της ομάδας αυτής είναι του τύπου **οξέινο-ανθρακικά, ασβεστούχα, νατριο-χλωριούχα**.

Η 2η περιλαμβάνει TDS < των 1.000 mg/l (450 < TDS < 976) με CE (Αγωγιμότητα) μεταξύ 585 και 1.220 $\mu S/cm$. Τα νερά της ομάδας αυτής είναι του τύπου: **οξέινο-ανθρακικά, ασβεστούχα**.

Η 3η περιλαμβάνει TDS μεταξύ 1.336 και 21.800 mg/l. Τα νερά της ομάδας αυτής είναι του τύπου: **Νατριο-χλωριούχο**.

Σ' αυτή την ομάδα ανήζουν τα νερά των γεωτρήσεων Γ.3, Γ.4, Γ.14, που προέρχονται από διαφορετικούς υδροφορείς: **καρστικοποιημένα μάγμαρα και χαλαζιαζούς σχιστολίθους** (Π.Ν. 3).

- Για την **Τήνο** (Π.Ν. 5), διακρίνονται 2 ομάδες.

Η 1η περιλαμβάνει νερά των οποίων το TDS περιέχεται μεταξύ 500 και 2.246 mg/l και αναλογούν σε μια CE που κυμαίνεται μεταξύ 685 και 3.400 $\mu S/cm$.

Τα νερά αυτά προέρχονται από καρστικούς υδροφορείς και είναι του τύπου: είτε **οξέινο-ανθρακικό, ασβεστούχο**, είτε του τύπου: **νατριο-χλωριούχο**.

Η 2η περιλαμβάνει νερά με TDS μεταξύ 510 και 1.290 mg/l και είναι του τύπου: **νάτριο-χλωριούχο**. Σ' αυτή την ομάδα τα νερά προέρχονται είτε από υδροφορείς που διαμορφώνονται σε σχιστολίθους με ενάλαγες μαρμάρων, είτε σε **χαλαζιαζούς σχιστολίθους**.

- Για την **Πάρο** (Π.Ν 6), έχουμε 3 ομάδες.

Η 1η περιλαμβάνει νερά των οποίων το TDS περιέχεται μεταξύ 500 και 2.246 mg/l και CE μεταξύ 650 και

mg/l, με μια CE της τάξης των 1.000 έως 2.100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Τα νερά με μικρότερο TDS, είναι του τύπου: οξίνο - ανθρακικά, αοξεία και εκείνα που έχουν μεγάλο TDS, είναι του τύπου: νάτριο-χλωριούχα και αοξεία-χλωριούχα.

Η 2η ομάδα περιλαμβάνει νερά 2 γεωτρήσεων του τύπου: νάτριο-χλωριούχα, των οποίων το TDS κυμαίνεται μεταξύ 870 και 1.730 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Οι γεωτρήσεις αυτές εκμεταλλεύονται υδροφορές διαμορφωμένους εντός γνευσίων και χαλαζιακών σχιστο-λίθων, ενώ της 1ης ομάδας εκμεταλλεύονται καρσιτικούς υδροφορές.

Πίνακας 3: Σύγκριση των χημικών αναλύσεων των 4 γεωτρήσεων στα νερά Σύρο και Τήνο.

α) σε καθοριστές εντατικής εξμετάλλευσης

ΕΠΕΡΟΜΗΝΙΑ	Νο των Σημείων παρατήρησης	pH	CE σε 25 °C $\mu\text{S}/\text{cm}$	Ca ⁺⁺ me/l	Mg ⁺⁺ me/l	Na ⁺ me/l	K ⁺ me/l	A(-) me/l	A(+) me/l	HCO ₃ ⁻ me/l	Cl ⁻ me/l	SO ₄ ⁻² me/l	NO ₃ ⁻ me/l	Σκληρότητα ο F
2.10.93	ΣΥΡΟΣ Γ.3	7,40	23500	18,35	23,25	275,00	6,80	323,40	348,74	3,18	322,00	23,46	0,10	230,00
	ΣΥΡΟΣ Γ.4	7,20	21300	14,50	2,10	220,00	5,40	260,00	285,50	4,25	256,80	24,30	0,15	210,00
	ΣΥΡΟΣ Γ.14	7,60	4630	5,60	12,96	26,00	0,80	45,36	45,45	4,92	34,30	3,83	2,40	92,80
	ΤΗΝΟΣ Γ.9	7,50	3400	5,75	4,80	24,15	0,69	35,39	35,27	7,43	23,87	3,89	0,08	51,80

β) σε καθοριστές ηρεμίας

20.4.93	ΣΥΡΟΣ Γ.3	7,60	2540	3,12	4,36	17,50	0,40	25,38	25,28	1,96	20,90	2,40	0,02	37,40
	ΣΥΡΟΣ Γ.4	7,20	2470	2,85	3,27	16,10	0,30	22,52	22,17	1,94	18,40	1,75	0,08	35,80
	ΣΥΡΟΣ Γ.14	7,50	2520	2,72	5,36	18,00	0,32	26,40	26,33	4,20	15,60	2,73	3,80	40,40
	ΤΗΝΟΣ Γ.9	7,30	2430	5,52	4,36	15,50	0,60	25,98	25,88	6,00	17,30	2,28	0,30	49,40

mg/l, με μια CE της τάξης των 1.000 έως 2.100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Τα νερά με μικρότερο TDS, είναι του τύπου οξείνο - ανθρακικά, ασβεστούχα και κρεια που έχουν μεγάλο TDS, είναι του τύπου: νάτριο-χλωριούχα και ασβεστο-χλωριούχα.

Η 2η ομάδα περιλαμβάνει νερά 2 γεωτοίσεων του τύπου: νάτριο-χλωριούχα, των οποίων το TDS κυμαίνεται μεταξύ 870 και 1.730 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Οι γεωτρήσεις αυτές εκμεταλλεύονται υδροφορείς διαμορφούμενους εντός γνευσίων και χαλαζιακών σχιστο-λίθων, ενώ της 1ης ομάδας εκμεταλλεύονται καρστικούς υδροφορείς.

Πίνακας 3: Σύγκριση των χημικών ανάλύσεων των 4 γεωτοίσεων στα νησιά Σίφο και Τίνο.

α) σε κρειαστές εντατικές εκμεταλλεύσεις

ΠΕΡΙΟΧΗ	Νο των Σημάτων παρατήρησης	pH	CE σε 25 °C $\mu\text{S}/\text{cm}$	Ca ⁺⁺ me/l	Mg ⁺⁺ me/l	Na ⁺ me/l	K ⁺ me/l	A(-) me/l	A(+) me/l	HCO ₃ ⁻ me/l	Cl ⁻ me/l	SO ₄ ⁻² me/l	NO ₃ ⁻ me/l	Σκληρότητα ο F
210.93	ΣΥΡΟΣ Γ.3	7,40	23500	18,35	23,25	275,00	6,80	323,40	348,74	3,18	322,00	23,46	0,10	230,00
	ΣΥΡΟΣ Γ.4	7,20	21300	14,50	2,10	220,00	5,40	260,00	285,50	4,25	256,80	24,30	0,15	210,00
	ΣΥΡΟΣ Γ.14	7,60	4630	5,60	12,96	26,00	0,80	45,36	45,45	4,92	34,30	3,83	2,40	92,80
	ΤΗΝΟΣ Γ.9	7,50	3400	5,75	4,80	24,15	0,69	35,39	35,27	7,43	23,87	3,89	0,08	51,80

β) σε κρειαστές ηερμάες

ΠΕΡΙΟΧΗ	Νο των Σημάτων παρατήρησης	pH	CE σε 25 °C $\mu\text{S}/\text{cm}$	Ca ⁺⁺ me/l	Mg ⁺⁺ me/l	Na ⁺ me/l	K ⁺ me/l	A(-) me/l	A(+) me/l	HCO ₃ ⁻ me/l	Cl ⁻ me/l	SO ₄ ⁻² me/l	NO ₃ ⁻ me/l	Σκληρότητα ο F
204.93	ΣΥΡΟΣ Γ.3	7,60	2540	3,12	4,36	17,50	0,40	25,38	25,28	1,96	20,90	2,40	0,02	37,40
	ΣΥΡΟΣ Γ.4	7,20	2470	2,85	3,27	16,10	0,30	22,52	22,17	1,94	18,40	1,75	0,08	35,80
	ΣΥΡΟΣ Γ.14	7,50	2520	2,72	5,36	18,00	0,32	26,40	26,33	4,20	15,60	2,73	3,80	40,40
	ΤΗΝΟΣ Γ.9	7,30	2430	5,52	4,36	15,50	0,60	25,98	25,88	6,00	17,30	2,28	0,30	49,40

Πίνακας 4: Υδροχημικές Ομάδες.

	ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	ΓΕΩΛΟΓΙΑ	ΤΥΠΟΣ ΝΕΡΟΥ	ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΜΟΛΥΝΣΗ	TDS mg/l	CE σε 25 °C μS/cm
1η Ομάδα	Γ.1	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Οξινο-ανθρακικό ασβεστιούχο	Μέτρια	1494	2130
	Γ.5	Μάρμαρα καρστικοποιημένα με εναλλαγές σχιστολίθων	Οξινο-ανθρακικό ασβεστιούχο	Μέτρια	937	1000
	Γ.6	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Νάτριο-Χλωριούχο	Μέτρια	618	880
	Γ.8	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Οξινο-ανθρακικό νατριοούχο	Μέτρια	1498	1980
	Γ.10	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Οξινο-ανθρακικό νατριοούχο	Μέτρια	866	1245
	Γ.11	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Νάτριο-Χλωριούχο	Μέτρια	1817	2160
	Γ.12	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Νάτριο-Χλωριούχο	Μέτρια	873	1050
	Γ.13	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Νάτριο-Χλωριούχο	Μέτρια	900	1150
	Γ.15	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Νάτριο-Χλωριούχο	Μέτρια	1160	1490
	Γ.7	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Οξινο-ανθρακικό ασβεστιούχο	Μέτρια	740	1020
2η Ομάδα	Γ.2	Μάρμαρα συμπαγή	Οξινο-ανθρακικό ασβεστιούχο	Μικρή	474	630
3η Ομάδα	Γ.9	Μάρμαρα καρστικοποιημένα με εναλλαγές σχιστολίθων	Οξινο-ανθρακικό ασβεστιούχο	Μικρή	967	1160
3η Ομάδα	Γ.3	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Νάτριο-Χλωριούχο	Μεγάλη	21817	30200
	Γ.4	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Νάτριο-Χλωριούχο	Μεγάλη	18692	25300
	Γ.14	Χαλαζιακοί σχιστολίθοι	Νάτριο-Χλωριούχο	Μεγάλη	3907	4850

3. Η ΧΗΜΕΙΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ.

Η κατάταξη των υπογείων νερών σε 3 υδροχημικές ομάδες, προκύπτει από 2 ουσιαστικές υδρογεωλογικούς παράγοντες:

- επικράτηση των καρστικών, υδροφόρων σε περιβάλλον ανθρακικό (μάρμαρα)
- μόλυνση, περισσότερο ή λιγότερο σημαντική, από το νερό της θάλασσας αυτών των υδροφορέων.

Από τις χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, διαπιστώθηκε ότι τα νερά κατατάσσονται σε 2 γενικούς υδροχημικούς τύπους : οξινο-ανθρακικά, ασβεστούχα και νατριο-χλωριούχα.

Επί πλέον, ένας ορισμένος αριθμός αναλύσεων των νερών δείχνει υδροχημικές φάσεις μικτές, του τύπου ασβεστο-χλωριούχο και νατριο-χλωριούχο, δηλώνοντας μία ορισμένη ανισορροπία στη χημική κατάσταση, που είναι επακόλουθη της μόλυνσης από την εισβολή της θάλασσας.

Επίσης φαίνεται μ' ένα τρόπο γενικό, ότι όταν τα νερά δεν είναι μολυσμένα από την θάλασσα διείσδυση, ο χημισμός τους είναι του τύπου: οξινο-ανθρακικό, ασβεστούχο και τούτο συμβαίνει οποιοσδήποτε και αν είναι ο τύπος του υδροφόρου. Διαπιστώνεται επίσης ότι δεν υπάρχει ουσιαστική Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

ΤΗΝΟΣ

Πίνακας 5: Υδροχημικές Ομάδες.

	ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	ΓΕΩΛΟΓΙΑ	ΤΥΠΟΣ ΝΕΡΟΥ	ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΜΟΛΥΝΣΗ	TDS mg/l	CE σε 25 °C μS/cm
1η Ομάδα	Γ.7 Μαρμαριές	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Νάτριο-Χλωριούχο	Μικρή	622	685
	Γ.4 Ξεοφοντίδης	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Νάτριο-Χλωριούχο	Μέτρια	1196	1910
	Γ.5 Ψάλης	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Νάτριο-Χλωριούχο	Μέτρια	811	1610
	Γ.8 Πόρτο	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Νάτριο-Χλωριούχο	Μέτρια	1154	1670
	Γ.10 Αγ. Σώστης	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Νάτριο-Χλωριούχο	Μεγάλη	1758	2850
	Γ.9 Πάνορμος	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Νάτριο-Χλωριούχο	Μεγάλη	1851	2700
2η Ομάδα	Γ.2 Βερδεμίανος	Χαλαζιακοί σχιστόλιθοι	Ασβεστο-χλωριούχο	Καμία	588	690
	Γ.1 Αγ. Βαρβάρα	Χαλαζιακοί σχιστόλιθοι με εναλλαγές μαρμάρων	Ασβεστο-χλωριούχο	Μέτρια	1160	1980
	Γ.11 Πρίαστρο	Χαλαζιακοί σχιστόλιθοι με εναλλαγές μαρμάρων	Νάτριο-Χλωριούχο	Μέτρια	990	1250
	Γ.3 Κεραμοτή	Χαλαζιακοί σχιστόλιθοι με εναλλαγές μαρμάρων	Ασβεστο-χλωριούχο	Μέτρια	880	1150
	Γ.6 Σιγάλας	Χαλαζιακοί σχιστόλιθοι με εναλλαγές μαρμάρων	Οξίνο-ανθρακικό ασβεστιούχο	Μέτρια	806	1050
ΠΗΓΕΣ						
1η Ομάδα	Π.4 Ζοδεμένη	Αποσαθρωμένοι μανδύας σχιστ. - σχιστόλιθοι	Ασβεστο-χλωριούχο	Μέτρια	482	645
	Π.5 Καρδιανή	-Μάρμαρα -Σχιστόλιθοι	Οξίνο-ανθρακικό ασβεστιούχο	Μέτρια	647	890
	Π.1 Οσία Ξένη	-Μάρμαρα -Σχιστόλιθοι	Νάτριο-Χλωριούχο	Μέτρια	819	1100
2η Ομάδα	Π.3 Μοναστήρια	Αποσαθρωμένοι μανδύας σχιστ. - σχιστόλιθοι	Νάτριο-Χλωριούχο	Μέτρια	829	1280
	Π.2 Τριανταρός	Αποσαθρωμένοι μανδύας σχιστ. - σχιστόλιθοι	Μαγνήσιο-Χλωριούχο	Μέτρια	815	1215

διαφορά στο χημισμό των νερών των νησιών της Σύρου, Τήνου και Αντίπαρου. Σ' αυτά τα νησιά, ο χημισμός των υπογείων νερών παρουσιάζει μια υψηλή περιεκτικότητα οξίνο-ανθρακικών ιόντων μαζί με μια φανερή επίδραση της θάλασσας, εκφρασμένη από πολύ υψηλές τιμές ιόντων $Cl^- Na^+$ και SO_4^{2-} . Αντίθετα στη νήσο Πάρο, οι καρστικοί υδροφορείς, εντός των οποίων έχουν ανοργανωθεί οι γεωτρήσεις, είναι πολύ λιγότερο μολυσμένες από την εισβολή της θάλασσας, παρ' ότι οι παροχές τους είναι μεγάλου μεγέθους (25-40m³/h) και οι ετήσιες απολήψεις νερού σημαντικές.

Αξιοβέστερα, στη Σύρο, οι γεωτρήσεις της 1ης ομάδας (καρστικά μάρμαρα) και της 3ης ομάδας είναι αντιστοίχως μετρίως μολυσμένες και πολύ μολυσμένες από τη θάλασσα και κατατάσσονται στην κατηγορία των νερών του τύπου νατριο-χλωριούχων.

Στην Τήνο, οι γεωτρήσεις της 1ης ομάδας (καρστικά μάρμαρα) είναι μετρίως μολυσμένες και πολύ μολυσμένες από την θάλασσα. Κατατάσσονται και αυτές στη κατηγορία των νερών: νατριο-χλωριούχων.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

Στην Αντίπαρο, οι γεωτρήσεις της 1ης ομάδας (καρστικά μάρμαρα) έχουν νερά μετρίου μολυνόμενα από την διείσδυση της θάλασσας και κατατάσσονται στην κατηγορία των νερών του τύπου: νάτριο-χλωριούχα.

Τέλος στην Πάρο, ο χημισμός των νερών είναι διαφορετικός από αυτόν που παρατηρείται στα προαναφερόμενα νησιά. Έτσι λοιπόν οι γεωτρήσεις της 1ης ομάδας (καρστικά μάρμαρα) δεν έχουν νερά επηρεασμένα από την εισβολή της θάλασσας, κατατάσσονται δε στην κατηγορία των νερών του τύπου:οξινο-ανθρακικών, ασβεστούχων.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των νερών (γεωτρήσεων, πηγών, βροχοπτώσεων κ.λ.π.) των 4 νησιών, προκύπτουν ως εξής:

4.1. Οι καρστικοί υδροφορείς στους οποίους ανοιχθήκαν οι γεωτρήσεις, έχουν μολυνθεί σημαντικά από τη διείσδυση της θάλασσας, ακόμη και στην περίπτωση σημείων ύδατος που βρίσκονται στο κέντρο των νησιών. Αντίθετα οι καρστικοί υδροφορείς της Πάρου έχουν τελείως διαφορετικό χημισμό, ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά γεωτρήσεις μεγάλης παροχής και σημαντικής ετήσιας απόληψης νερού, οι οποίες δεν επηρεάστηκαν από θαλάσσια διείσδυση.

4.2. Οι υδροφορείς (καρστικοί ή όχι), που υπόκεινται σε υπερβολική άντληση, παρουσιάζουν σε

ΠΑΡΟΣ

Πίνακας 6: Υδροχημικές Ομάδες.

	ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	ΓΕΩΛΟΓΙΑ	ΤΥΠΟΣ ΝΕΡΟΥ	ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΜΟΛΥΝΣΗ	TDS mg/l	CE σε 25 °C μS/cm
1η Ομάδα	Γ.5 Μαράθι	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Οξινο-ανθρακικό ασβεστιούχο	Καμμία	580	820
	Γ.15 Βουνάλες	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Οξινο-ανθρακικό ασβεστιούχο	Καμμία	653	835
	Γ.7 Μαράθι	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Οξινο-ανθρακικό ασβεστιούχο	Καμμία	553	650
	Γ.12 Λγκεριά	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Οξινο-ανθρακικό ασβεστιούχο	Καμμία	590	850
	Γ.21 Τούρλος	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Οξινο-ανθρακικό ασβεστιούχο	Καμμία	550	805
2η Ομάδα	Γ.9 Παράσπορος	Χαλαζιακοί σχιστόλιθοι με εναλλαγές καρστικοποιημένων μαρμάρων	Νάτριο-Χλωριούχο	Μέτρια	1032	1650
	Γ.2 Καντινέλια	Σχιστόλιθοι με εναλλαγές καρστικοποιημένων μαρμάρων	Νάτριο-Χλωριούχο	Μέτρια	1037	1510
3η Ομάδα	Γ.10 Συρίγος	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Νάτριο-Χλωριούχο	Μεγάλη	1976	3640
	Γ.11 Μάγκανος	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Μαγνήσιο-Νάτριο-Χλωριούχο	Μεγάλη	6411	10830
ΠΗΓΕΣ						
1η Ομάδα	Π.2 Πεταλούδες	- Αποσαθρωμένος μανδύας σχιστ. -Χαλαζιακοί σχιστόλιθοι	Οξινο-ανθρακικό ασβεστιούχο	Μικρή	657	925
	Π.3 Δρυός	- Καρστικοποιημένα μάρμαρα -Σχιστόλιθοι	Οξινο-ανθρακικό ασβεστιούχο	Μικρή	700	1050
2η Ομάδα	Π.1 Νάουσα	- Καρστικοποιημένα μάρμαρα -Σχιστόλιθοι	Νάτριο-Χλωριούχο	Μεγάλη	1576	2750

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Στην Αντίπαρο, οι γεωτρήσεις της 1ης ομάδας (καρστικά μάρμαρα) έχουν νερά μετρίως μολυσμένα από την διείσδυση της θάλασσας και κατατάσσονται στην κατηγορία των νερών του τύπου: νάτριο-χλωριούχα.

Τέλος στην Πάρο, ο χημισμός των νερών είναι διαφορετικός από αυτόν που παρατηρείται στα προαναφερόμενα νησιά. Έτσι λοιπόν οι γεωτρήσεις της 1ης ομάδας (καρστικά μάρμαρα) δεν έχουν νερά επηρεασμένα από την εισβολή της θάλασσας, κατατάσσονται δε στην κατηγορία των νερών του τύπου: οξίνο-ανθρακικών, ασβεστιούχων.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των νερών (γεωτρήσεων, πηγών, βροχοπτώσεων κ.λ.π.) των 4 νησιών, προκύπτουν ως εξής:

4.1. Οι καρστικοί υδροφορείς στους οποίους ανορθώθηκαν οι γεωτρήσεις, έχουν μολυνθεί σημαντικά από τη διείσδυση της θάλασσας, ακόμη και στην περίπτωση σημείων ύδατος που βρίσκονται στο κέντρο των νησιών. Αντίθετα οι καρστικοί υδροφορείς της Πάρου έχουν τελείως διαφορετικό χημισμό, ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά γεωτρήσεις μεγάλης παροχής και σημαντικής ετήσιας απόληψης νερού, οι οποίες δεν επηρεάστηκαν από θαλάσσια διείσδυση.

4.2. Οι υδροφορείς (καρστικοί ή όχι), που υπόκεινται σε υπεμβολική άντληση, παρουσιάζουν σε

ΠΑΡΟΣ

Πίνακας 6: Υδροχημικές Ομάδες.

	ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	ΓΕΩΛΟΓΙΑ	ΤΥΠΟΣ ΝΕΡΟΥ	ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΜΟΛΥΝΣΗ	TDS mg/l	CE σε 25 °C μS/cm
1η Ομάδα	Γ.5 Μαράθι	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Οξίνο-ανθρακικό ασβεστιούχο	Καμμία	580	820
	Γ.15 Βουνάλες	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Οξίνο-ανθρακικό ασβεστιούχο	Καμμία	653	835
	Γ.7 Μαράθι	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Οξίνο-ανθρακικό ασβεστιούχο	Καμμία	553	650
	Γ.12 Λγκεριά	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Οξίνο-ανθρακικό ασβεστιούχο	Καμμία	590	850
	Γ.21 Τούρλος	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Οξίνο-ανθρακικό ασβεστιούχο	Καμμία	550	805
2η Ομάδα	Γ.9 Παράσπορος	Χαλαζικοί σχιστόλιθοι με εναλλαγές καρστικοποιημένων μαρμάρων	Νάτριο-Χλωριούχο	Μέτρια	1032	1650
	Γ.2 Καντινέλια	Σχιστόλιθοι με εναλλαγές καρστικοποιημένων μαρμάρων	Νάτριο-Χλωριούχο	Μέτρια	1037	1510
3η Ομάδα	Γ.10 Συρίγος	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Νάτριο-Χλωριούχο	Μεγάλη	1976	3640
	Γ.11 Μάγκανος	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Μαγνήσιο-Νάτριο-Χλωριούχο	Μεγάλη	6411	10830
ΠΗΓΕΣ						
1η Ομάδα	Π.2 Πεταλούδες	- Αποσαθρωμένος μανδύας σχιστ. -Χαλαζικοί σχιστόλιθοι	Οξίνο-ανθρακικό ασβεστιούχο	Μικρή	657	925
	Π.3 Δρυός	- Καρστικοποιημένα μάρμαρα -Σχιστόλιθοι	Οξίνο-ανθρακικό ασβεστιούχο	Μικρή	700	1050
2η Ομάδα	Π.1 Νάουσα	- Καρστικοποιημένα μάρμαρα -Σχιστόλιθοι	Νάτριο-Χλωριούχο	Μεγάλη	1576	2750

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

ΑΝΤΙΠΑΡΟΣ
Πίνακας 7: Υδροχημικές Ομάδες.

	ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	ΓΕΩΛΟΓΙΑ	ΤΥΠΟΣ ΝΕΡΟΥ	ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΜΟΛΥΝΣΗ
1η Ομάδα	Γ.11 Κάτεργα	Μάρμαρα καρστικοποιημένα με εναλλαγές σχιστόλιθων	Οξινο-ανθρακικό ασβεστιούχο	Μικρή
	Γ.8 Νταμάρια	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Νάτριο-Χλωριούχο	Μέτρια
	Γ.9 Σπιρίδι	Καρστικοποιημένα μάρμαρα	Νάτριο-Χλωριούχο	Μέτρια
2η Ομάδα	Γ.10 Σωτήρας	Γνεύσιος	Νάτριο-Χλωριούχο	Μέτρια
	Γ.13 Κάμπος	Χαλαζιακοί σχιστόλιθοι	Νάτριο-Χλωριούχο	Μεγάλη
ΠΗΓΕΣ				
1η Ομάδα	Π.1 Λιβάδι	- Καρστικοποιημένα μάρμαρα - Σχιστόλιθοι	Νάτριο-Χλωριούχο	Μέτρια

μικρό χρονικό διάστημα επιστροφή στην κατάσταση της δυναμικής ισορροπίας μεταξύ γλυκού και αλμυρού νερού, όταν μειώνονται θεαματικά οι αντλούμενες ποσότητες νερού. Στον ΠΠΝ, 3 διαπιστώνεται, από τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των 4 γεωτρήσεων, αφενός κατά την περίοδο της εντατικής εμετάλλευσης τους και αφετέρου κατά την περίοδο της περιορισμένης τους εμετάλλευσης, η ατοκατάσταση της ισορροπίας μεταξύ γλυκού και αλμυρού νερού. Δηλαδή παρατηρείται μια εντυπωσιακή μείωση των περιεκτικοτήτων σε Cl^- και Na^+ σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα.

4.3. Ο χημισμός των νερών των σημείων ύδατος που βρίσκονται πλησίον της θάλασσας ή σε ενδιάμεση απόσταση, είναι διαφορετικός από αυτόν των σημείων ύδατος που βρίσκονται στην ενδοχώρα των νησιών. Στην πρώτη περίπτωση τα νερά κατατάσσονται στην κατηγορία των νατριο-χλωριούχων και είναι πολύ μολυσμένα έως μετριώς μολυσμένα από τη διείσδυση της θάλασσας, ενώ στη δεύτερη περίπτωση, τα νερά κατατάσσονται στην κατηγορία των οξινο-ανθρακικών ασβεστιούχων και παρουσιάζουν μικρή συγγένεωση αλάτων.

4.4. Οι πηγές (ΠΠΝ.2), παρ'ότι ορισμένες απ'αυτές βρίσκονται σε μεγάλο υψόμετρο και στην ενδοχώρα των νησιών Τήνου και Πάρου, παρουσιάζουν αυξημένη περιεκτικότητα σε Cl^- , που οφείλεται αφενός στην αυξημένη περιεκτικότητα σε Cl^- της βροχής και αφετέρου στις αερομεταφερόμενες θαλάσσιες μάζες υπό μορφή σταγονιδίων, εξ αιτίας των ισχυρών ανέμων που επικρατούν στις Κυκλάδες κατά τη διάρκεια του έτους.

4.5. Τα νερά της βροχής των περιοχών της ενδοχώρας των νησιών, κατατάσσονται στην κατηγορία των οξινο-ανθρακικών, ασβεστιούχων ενώ τα νερά της βροχής των παράκτιων περιοχών στην κατηγορία των νατριο-χλωριούχων.

4.6. Η χημική σύσταση των νερών των πηγών που διαφέρει από νησί σε νησί, προσδιορίζεται από τρεις κυρίως παράγοντες:

- Το γεωλογικό σχηματισμό μέσα στον οποίο κυκλοφορούν τα υπόγεια νερά.
- Το υψόμετρο και την απόσταση από την θάλασσα και τέλος από
- Το χημισμό του νερού της βροχής.

Σε αντίθεση με τα παραπάνω και σε ό,τι αφορά το χημισμό των νερών της βροχής περιοχών της ηπειρωτικής Ελλάδας (ΠΠΝ.1) παρατηρείται περιεκτικότητα σε $NaCl$, σημαντικά μειωμένη και τα νερά είναι του τύπου **Υψηλάκη Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.**

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BEZES, Ch., 1994: Etude geologique-hydrogeologique à l' île de Paros.
- BURDON, D.- PAPAΚIS, N., 1963: Hand book of karst Hydrogeology with Special Reference of the Carbonate Aquifers of the Mediterranean Region. I.G.S.R., Athens.
- BURDON, D. - PAPAΚIS, N., 1963: The Karst ground water resources of Parnassos- Ghiona, Greece.I.G.S.R.-UN/SF, Athens.
- BURDON, D. J., 1965: Hydrogeology of some Karstic areas of Greece.A.I.H.S.- UNESCO, Hydrology of fractured rocks, Vol.I,PP.308-317, Proceedings of the Dubrovnik Symposium.
- CASTANY, G. , 1962: Méthodes d'études et de recherches des nappes aquifères. B.R.G.M., I, Paris.
- CHARMANIDES Ph., 1995: Identification des structures aquifères en domaine insulaire essentiellement métamorphique et évaluation de leurs caractéristiques hydrogéologiques. Exemple d' îles de l' archipel de Cyclades (Grèce). Thèse de doctorat de Sciences et Technique du Lanquedoc, France.
- JACOB, C.E., 1963: The recovery method for determining the coefficient of transmissibility. Geol. Surv. Water-Supply paper 1536-1, Washington.
- KESSLER, H., 1957: Estimation of Subsurface water resources in Karstic regions (the rate of percolation in the Karstland). - A.I.H.S. - UNESCO, Vol.II, No44, pp.199-206, General Assembly of Toronto.
- ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ Γ. 1986 : ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ. Έκδοση Τ.Ε.Ε.
- LOÛE - PILOT MD, MORELLI J., 1988: Fluctuations of ionic composition of Precipitations, collected in Corsica in the origins of incoming aerosols. J.Aerosol Sci 19(5):577-585.
- MARIOLOPOULOUS E., KARAPIPERIS L., 1955: The rainfalls in Greece. National Press, Athens.
- SCHOELLER H. 1962: Les eaux souterraines.Masson,Paris.
- SCHOELLER H. 1963: Recherches, sur la composition chimique des eaux souterraines. Thèse de doctorat de Sciences Université de Bordeaux, Bordeaux, France.