

Πρακτικά	3ου Συνεδρίου	Μάιος 1986	
Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ.	σελ.	Αθήνα
Bull. Geol. Soc. Greece	XX/3	57-75	1988
	Vol.	pag.	Athens

ΕΝΕΡΓΟΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΗ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΩΝ ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ ΣΤΟ ΔΥΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΤΩΝ ΒΟΥΝΩΝ ΤΗΣ ΚΥΠΑΡΙΣΣΙΑΣ*

Κ. ΚΑΝΤΑΣ**, Λ. ΤΙΝΙΑΚΟΣ**

ΣΥΝΟΨΗ

Κατά τη διάρκεια μιας υδρογεωλογικής έρευνας στην περιοχή Δυτ. Μεσσηνίας υ ερευνήθηκαν τα Κροκαλοπαγή Μεσσηνίας, που έχουν επιφανειακή έκταση 40KM². Από τη στρωματογραφική, πετρογραφική και τεκτονική έρευνα αυτών διαπιστώνεται ότι τα κροκαλοπαγή Μάλης-Ποταμιάς και τα κροκαλοπαγή Πλατης-Μουζακίου-Χώρας συγκροτούν δύο ξεχωριστές υδρογεωλογικές ενότητες σε σχέση με τους περιβάλλοντες αυτές σχηματισμούς. Η υδροφορία τους εκφορτίζεται μέσω μιας σειράς πηγών υπερπλήρωσης. Από την πορεία των υδρογραμμάτων κάθε πηγής και τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής υπολογίζεται η ενεργός κατείδυση, η εναποθηκευτική ικανότητα καθώς και τα εναπομέμονια αποθέματα και η υδραυλική κλίση.

Οι παράμετροι αυτών μπορούν να χρησιμοποιηθούν με σημαντική προσέγγιση κατά την υδρογεωλογική έρευνα σε εμφανίσεις αντίστοιχων κροκαλοπαγών και σε άλλες περιοχές της Δυτ.Ελλάδας.

ABSTRACT

The olisthostromatic polyimictic Messinia-conglomerates of Oligocene/Paleocene age (SW Peloponnesus, Greece) have been investigated hydrogeologically. Two separated hydrogeological units are distinguished. The groundwater discharges on their western flank through a series of springs. From the study of their hydrograms, in correlation with the meteorological data, from the study area it's possible to calculate the infiltration rate, the groundwater reserves, and explain the subsurface water-movement, as well as the hydraulic gradient.

INFILTRATION RATE AND HYDROGEOLOGICAL PROPERTIES OF THE MESSINIA-CONGLOMERATES ON THE W. PART OF THE KYPARISSIA MOUNTAINS (SW. PELOPONNESUS, GREECE)

*••CONST. KANTAS - Geologist, Land Reclamation Service
LEONARD TINIAKOS, Dr. Geologist, Land Reclamation S.

21, Zaimi str., GR 261 10 PATRAE.

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

1. Αντικείμενο της έρευνας

Στην ορεινή περιοχή ΝΝΑ της Κυπαρισσίας (Σχήμα 1) τα "Κροκαλοπαγή της Μεσσηνίας" είναι μία από τις κυριώτερες μορφολογικές και στρωματογραφικές ενότητες. Στα πλαίσια των ερευνών μας στη δυτική Μεσσηνία διαπιστώσαμε ότι συγκροτούν δύο ξεχωριστές υδρογεωλογικές ενότητες, που εκφορτίζουν την υδροφορία τους μέσω μιας σειράς πηλών υπερπλήρωσης, των οποίων μετρήσαμε τις παροχές επί 1-2 έτη. Οι ενότητες αυτές είναι:

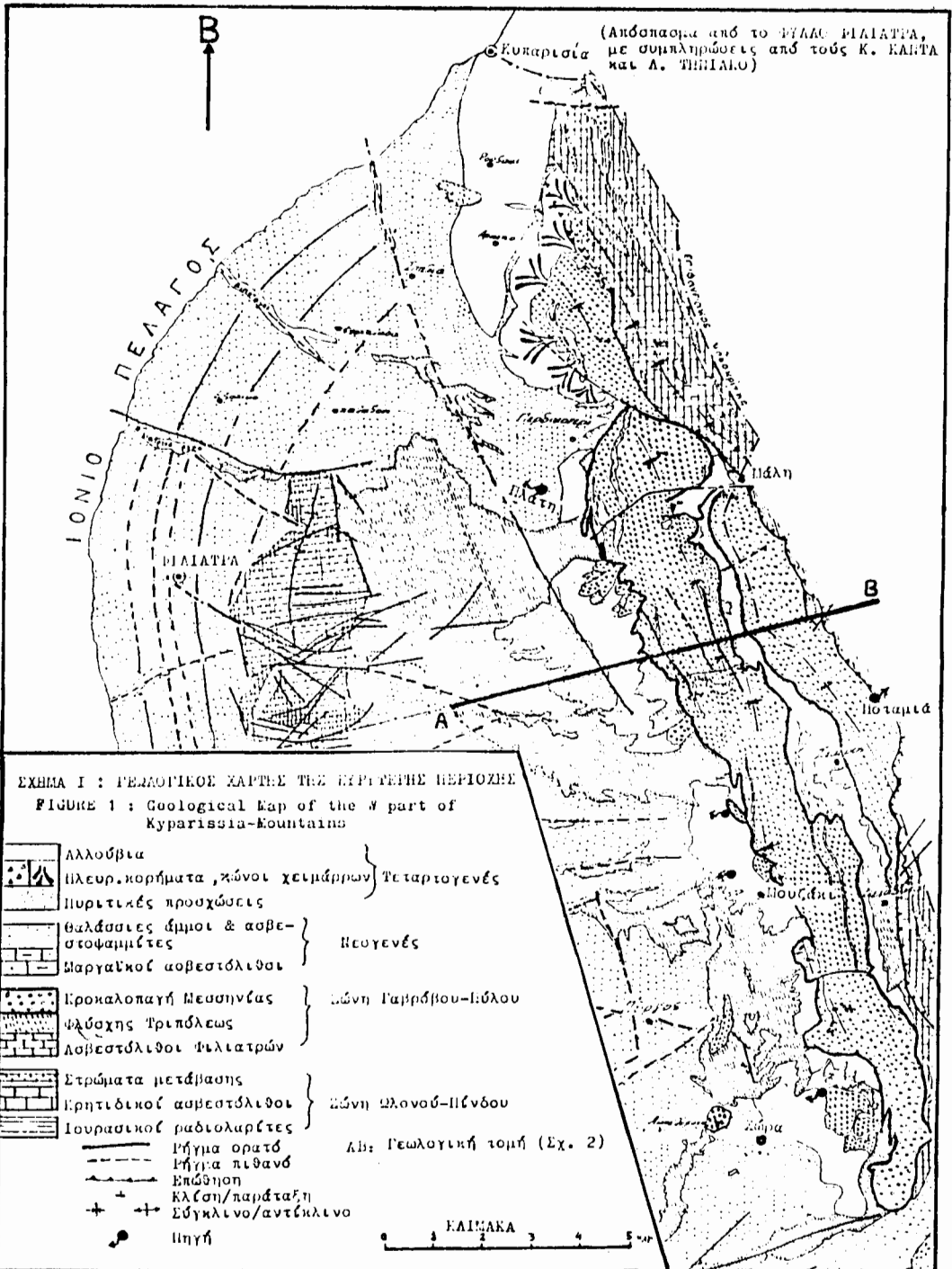
- Τα κροκαλοπαγή Μάλης-Ποταμιάς, που εκφορτίζονται εφ' ολοκλήρου από την πηγή Κεφαλάρι Ποταμιάς.
- Τα κροκαλοπαγή Περδικονερίου-Χώρας, που εκφορτίζονται από τις πηγές Πλάτης-Χριστιάνων-Μουζακίου-Χώρας.

Η ανάβλυση του νερού γίνεται στην πηγή Κεφαλάρι Ποταμιάς στην ανατολική πλευρά του όγκου των Κροκαλοπαγών, ενώ στα Κροκαλοπαγή Πλάτης-Μουζακίου-Χώρας στη δυτική. Σε όλες τις περιπτώσεις, το στεγανό υπόβαθρο είναι οι αργιλικοί σχιστόλιθοι του φλύσχη της ζώνης Τριπόλεως. Ο μηχανισμός των πηγών φαίνεται στο Σχήμα 2.

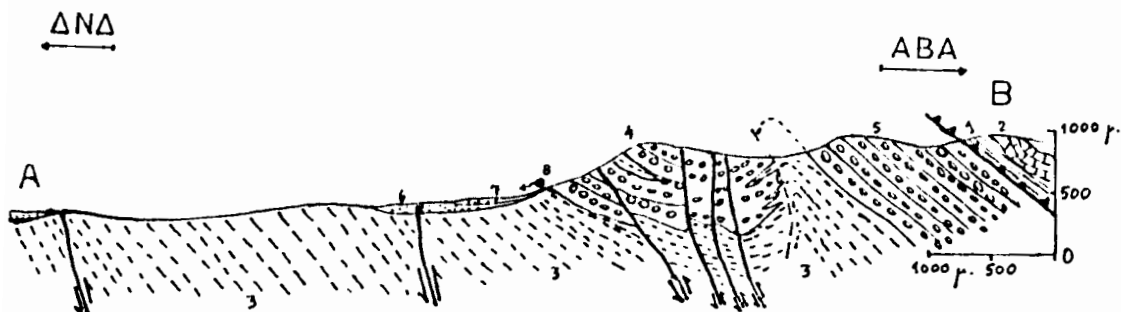
Η ετήσια πορεία της παροχής σε συνάρτηση με τις βροχοπτώσεις μπορούν να δώσουν χρήσιμα στοιχεία σχετικά με την υδρογεωλογική συμπεριφορά των κροκαλοπαγών αυτών.

2. Στρωματογραφική Οέση των κροκαλοπαγών

Σύμφωνα με την υπάρχουσα χαρτογράφηση του ΙΓΜΕ (Φύλλο ΦΙ-ΛΙΑΤΡΑ), τα κροκαλοπαγή Μεσσηνίας βρίσκονται πάνω από τους ολιγοκαινικούς αργιλικούς σχιστολίθους του φλύσχη της ζώνης Τριπόλεως. Το πάχος τους ξεπερνά τα 750μ. Πρόκειται για ολισθοστρωματικής προέλευσης υλικά (ΜΑΡΙΟΛΛΚΟΣ, 1975) με πάχος στρωμάτων 2-10μ. Από πετρογραφική άποψη, περιλαμβάνουν κροκάλες (ασβεστολιθικές, κερατολιθικές και ψαμμιτικές), χαλίκια και άμμο μεσόκοκκο έως χονδρόκοκκο, που είναι και το συγκολλητικό υλικό του πετρώματος. Η κόκκινη άργιλος απουσιάζει εντελώς από τον ιστό, και τη συναντούμε μόνον ως υλικό αποσάθρωσης στην επιφάνεια των κροκαλοπαγών ή ως δευτερογενές υλικό πλήρωσης ανοιχτών οηγμάτων. Ιλυούχες μάργες παρεμβάλλονται τοπικά και σε ακανόνιστα διαστήματα, που αντιστοιχούν σε φάσεις διακοπής της ιζηματογένεσης των αδρομερών υλικών.



- Υπόμνημα
- | | | | |
|---|---|---|-----------------------|
| 8 | Πηγή | 7 | Πυριτικίες προσχώσεις |
| 6 | Νεογενή (άμμοι, πηλός) | | |
| 5 | Ενδότητα Κροκαλοπαγών Ελάτης-Ποταμιάς | | |
| 4 | Ενδότητα Κροκαλοπαγών Πλάτης-Μιουζακίου-Χώρας | | |
| 3 | Αργιλικός σχιστόλιθος του φλύσχη ζώνης Τριπόλεως (στεγανό υπόβαθρο) | | |
| 2 | Ασβεστόλιθοι Ωλονού-Πίνδου | | |
| 1 | Ραδιολαρίτες | | |



Σ Χ Η Μ Α 2 : Γεωλογική τομή ΔΝΔ - ΑΒΑ (βλ. Σχ. 1) για την καταδειξη των συνθηκών δημιουργίας των πηγών υπερπλήρωσης στα Κροκαλοπαγή Μεσσηνίας της περιοχής μελέτης.

F I G U R E 2 : Geological cross-section WSW - ENE (AB on the map of Fig.1). Springs are discharging the groundwater of the Messinia-Conglomerates at the W flank of the Kyparissia-Mountains. 3=flysch, 4=conglomerates, 8=spring.

3. Τεκτονική κατάσταση των κροκαλοπαγών

Η περιοχή αποτελεί ακόμη και σήμερα πεδίο δράσης έντονων τεκτονικών κινήσεων συμπίεσης, που εκφράζονται, μεταξύ άλλων, με συνεχιζόμενες ανοδικές ηπειρογενετικές κινήσεις στην ευρύτερη περιοχή Μαραθούπολης-Φιλιατρών-Γαργαλιάνων. Αποτέλεσμα των αλπικών πτυχώσεων είναι η ίδια η γένεση των κροκαλοπαγών σε επιμήκη θαλάσσια αύλακα, η πτύχωσή τους με τη μορφή πολλαπλά διερρηγμένου συγκλίνου, η δημιουργία του ασβεστολιθικού αντικλίνου Φιλιατρών-Γαργαλιάνων και η έντονη πτύχωση της σειράς Ωλονού-Πίνδου και η επώθηση αυτής πάνω στη σειρά της ζώνης Γαβρόβρου-Πύλου. Τόσο στους ασβεστόλιθους Φιλιατρών-Γαργαλιάνων όσο και στα κροκαλοπαγή, τα ρήγματα και οι διακλάσεις έχουν κατακερματίσει τους σχηματισμούς αυτούς, με αποτέλεσμα να διευκολύνεται σημαντικά η κατείδυση του νερού της βροχής.

4. Κλιματολογικά στοιχεία:

4.1 Βροχοβαθμίδα και θερμοβαθμίδα

Στο ορεινό όγκο των κροκαλοπαγών δεν υπάρχει σταθμός για τη μέτρηση μετεωρολογικών στοιχείων. Αυτά θα πρέπει επομένως να υπολογιστούν με βάση τα στοιχεία άλλων σταθμών της Δυτ. Μεσσηνίας. Στον πίνακα 1 παραθέτουμε τα ονόματα των σταθμών με τα απαραίτητα στοιχεία για τον υπολογισμό της βροχοβαθμίδας και της θερμοβαθμίδας.

Π Ι Ν Α Κ Ϊ Α Σ 1

Μετεωρολογικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της βροχοβαθμίδας και θερμοβαθμίδας

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (μ.)	ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ (χλσ.)	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)
Μεθώνη	1934-1983	33	741	18,28
Κυπαρισσία	1930-1940	22	800	18,16
Φιλιατρά	1956-1972	10	854	18,51
Πύλος	1956-1972	30	536	-
Μεταμόρφωση	1963-1968	500	1110	..
Μεσοπόταμος	1980-1983	340	817	15,57
Χοχλαστή	1980-1983	80	-	17,09

Εφαρμόζοντας την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων για τον υπολογισμό της βροχοβαθμίδας έχουμε:

$$\Sigma\psi_1 = a \cdot \Sigma x + n \cdot \beta_1 \quad (1)$$

$$\Sigma x\psi = a \cdot \Sigma x^2 + \beta_1 \Sigma x \quad (2)$$

όπου $n = 6$ (ο αριθμός των σταθμών).

Αντικαθιστώντας στις σχέσεις (1) και (2) τα στοιχεία του

πίνακα 1 έχουμε $a_1 = 0,64 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$ $\beta_1 = 710\text{mm}$. Δηλαδή το ύψος

βροχής στο υψόμετρο 0 αντιστοιχεί σε 710χλσ. και αυξάνει κατά 64χλσ. ανά 100 μέτρα υψομετρικής διαφοράς.

Στην εφαρμογή της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων για τον υπολογισμό της θερμοβαθμίδας χρησιμοποιούνται οι σχέσεις:

$$\Sigma\psi_2 = a\Sigma x + n\beta_2 \quad (3)$$

$$\Sigma x\psi_2 = a\Sigma x^2 + \beta_2 \Sigma x \quad (4)$$

$n = 5$ (αριθμός σταθμών)

Αντικαθιστώντας τα στοιχεία του πίνακα 1 στις σχέσεις (3) και (4) έχουμε $a = -0,0085^\circ\text{C}/\mu$ και $\beta = 18,34^\circ\text{C}$.

Η θερμοβαθμίδα της περιοχής είναι $100a = -0,85^\circ\text{C}$, και τη θεωρούμε παραδεκτή για το γεωγραφικό πλάτος και τη θέση της περιοχής. Η τιμή $\beta = 18,34^\circ\text{C}$ αντιστοιχεί στη μέση ετήσια θερμοκρασία του υψομέτρου 0. Η καμπύλη θερμοκρασίας/υψομέτρου φαίνεται στο Σχ.3.

4.2 Εξατμοδιαπνοή

Για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμοδιαπνοής E_t χρησιμοποιήσαμε την εμπειρική μέθοδο TURC. Θεωρούμε αυτή τη μέθοδο ως ικανοποιητική για υψόμετρα που ξεπερνούν τα 500μ, τουλάχιστον στην περιοχή μελέτης. Στον τύπο του TURC είναι

$$E_t = \frac{N}{\sqrt{0,90 + \left(\frac{N}{I_t}\right)^2}}$$

όπου E_t είναι η ποσότητα εξατμοδιαπνοής (σε χλσ/έτος), N η μέση ετήσια βροχόπτωση (χλσ), και $I_t = 300 \cdot 25t \cdot 0,05t^3$ (t είναι η μέ-

ση ετήσια θερμοκρασία του τόπου).

Η μεταβολή της εξατμοδιαπνοής με το υψόμετρο φαίνεται στο σχ.3. Τα αριθμητικά στοιχεία κατά υψόμετρο, καθώς και η αντίστοιχη ποσότητα νερού της βροχής που απομένει για κατείδυση και επιφανειακή απορροή, συνοψίζονται στον πίνακα 2.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 2

Μέση ετήσια βροχόπτωση, θερμοκρασία και εξατμοδιαπνοή (μέθοδος TURC) κατά υψόμετρο

ΥΨΟΜΕΤΡΟ μ	ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ (χλσ.)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C	ΕΞΑΤΜΟ- ΔΙΑΠΝΟΗ (χλσ)	ΕΞΑΤΜΟ- ΔΙΑΠΝΟΗ % επί της βροχ.	Ποσοστό νερού που μένει για κατείδυση & απορροή
50	742	17,92	625	84	16
150	806	17,07	640	79	21
250	870	16,22	649	75	25
350	934	15,37	647	75	31
450	998	14,52	645	64	36
550	1062	13,67	636	59	41
650	1126	12,82	619	54	46
750	1190	11,97	601	51	49
850	1254	11,12	581	46	54
950	1318	10,27	559	42	58
1050	1382	9,42	538	38	62
1150	1446	8,57	514	35	65
1250	1510	7,72	491	33	67

5. Υδρογεωλογική συμπεριφορά των κροκαλοπαγών

Η μεγάλη πυκνότητα διακλάσεων και ρηγμάτων εξασφαλίζει στα κροκαλοπαγή αυτά αξιόλογο ποσοστό κενών χώρων για την κίνηση και αποθήκευση του υπόγειου νερού. Οι διασταυρούμενες πολυπληθείς και σχεδόν κατακόρυφες διακλάσεις, σε συνδυασμό με την έλλειψη συνεχόμενων αργιλικών ενδιαστρώσεων δεν επιτρέπουν την εκδήλωση πηγών αξιόλογης παροχής παρά μόνο στα χαμηλότερα σημεία της μάζας τους, κοντά στην επαφή προς τους υποκείμενους αργιλικούς σχιστολιθούς του φλύσχη. Οι πηγές αυτές εμφανίζονται ως υπερχειλίσεις της υδροφορίας των κροκαλοπαγών και έχουν αρκετά γρήγορη απόκριση στις μεταβολές των βροχοπτώσεων. Σε

σύγκριση με τους ασβεστόλιθους Γαβρόβου-Πύλου, τα κροκαλοπαγή έχουν κατά πολύ μεγαλύτερο πορώδες κατακράτησης, που οφείλεται στην παρουσία του αμμώδους συγκολλητικού υλικού. Στα κροκαλοπαγή αυτά παρατηρήθηκαν, σε ορισμένες θέσεις, καρπτικές διεργασίες και καρπτικά φαινόμενα.

Από άποψη φυτοκάλυψης, η ύπαρξη πυκνής δασικής βλάστησης σκληρόφυλλων αείφυλλων δασικών ειδών σε μεγάλο ποσοστό της επιφάνειας των κροκαλοπαγών μειώνει τη διαβρωτική ενέργεια της επιφανειακής απορροής-που είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τους ασβεστόλιθους.

Εξετάζουμε στη συνέχεια τις δύο υδρογεωλογικές ενότητες.

5.1 Υδρογεωλογική ενότητα Μάλης-Ποταμιάς

5.1.1 Άμεσος τρόπος υπολογισμού της ενεργού κατείδυσης

Τα κροκαλοπαγή Μάλης-Ποταμιάς είναι σε υψόμετρα 700-1000μ., έχουν έκταση 7,8 τετρ.χλμ. και μέσο υψόμετρο 803μ. Η μέση ετήσια βροχόπτωση που αντιστοιχεί εδώ είναι 1223 χλσ., η μέση θερμοκρασία 11,5°C και η μέση ετήσια εξατμοδιαπνοή 590 χλσ. δηλ. 48% επί του συνόλου των βροχοπτώσεων (βλ.σχ.3).

Η μέση ετήσια ποσότητα βροχής στο σύνολο των κροκαλοπαγών Μάλης-Ποταμιάς είναι $N_{ολ} = 7,8 \text{ KM}^2 \times 1,223 \text{ M} = 9,54 \times 10^6 \text{ M}^3$. Η ετήσια εκροή νερού στην πηνή Ποταμιάς για το υδρολογικό έτος 1983-84 ήταν (σχ.4α) $Q_{\pi} = 1,66 \times 10^6 \text{ M}^3$. Σε ποσοστά επί μέρους μεγέθη είναι λοιπόν

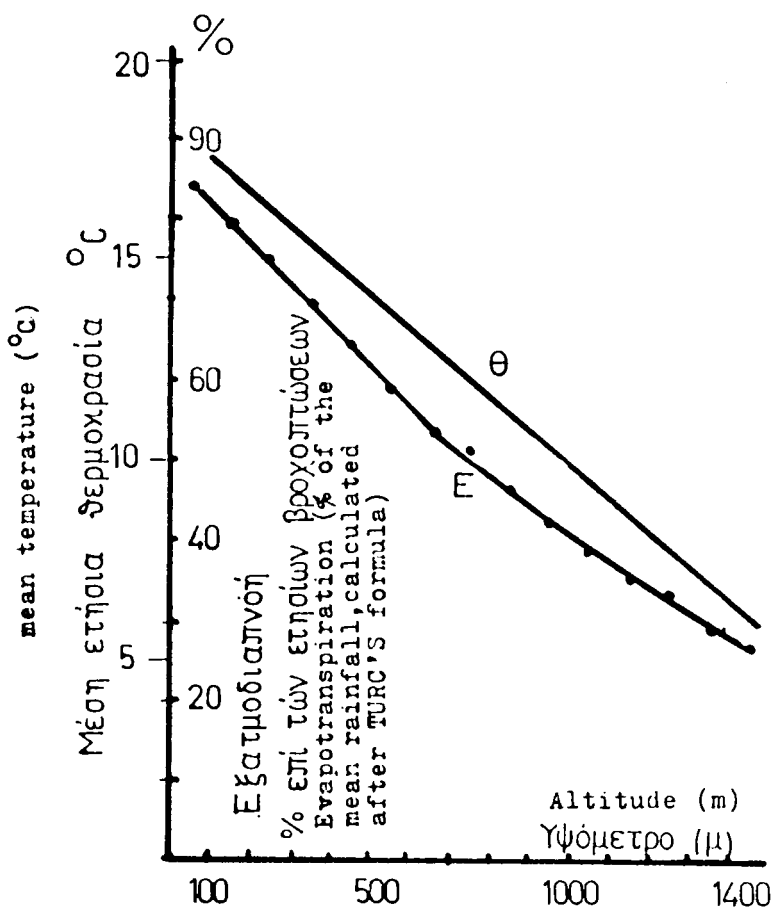
$$N_{ολ} = 100\%, E_{\tau} = 48\%, Q_{\pi} = 17\%.$$

Η ετήσια εκροή της πηγής μπορεί να θεωρηθεί ότι αντιπροσωπεύει το σύνολο της ενεργού κατείδυσης στον όγκο των κροκαλοπαγών. Σύμφωνα με τη σχέση που δίνει ο CASTANY, η ποσότητα κατείδυσης I στη διάρκεια του υδρολογικού έτους είναι:

$$I = Q_m \cdot \frac{t}{S} \cdot 1000 \quad (\text{σε χλσ. στήλης νερού})$$

όπου Q_m η μέση παροχή της πηγής, σε M^3/sec .
 t ο χρόνος = 365 μέρες = 31.536.000''.

S το εμβαδόν της λεκάνης, σε M^2 . Στην πηγή Ποταμιάς η μέση παροχή είναι $0,0526 \text{ M}^3/\text{sec}$, οπότε $I = 212$ χλσ., δηλ 17% της ετήσιας βροχόπτωσης που δέχονται τα κροκαλοπαγή.



Σ Χ Η Μ Α 3 : Μέση ετήσια θερμοκρασία (θ) και εξατμοδιαπνοή (υπολογισμένη με τη μέθοδο TURC) για την περιοχή Δυτ. Μεσσηνίας συναρτήσει του υψόμετρου.

F I G U R E 3 : Average Temperature (°C) and Evapotranspiration (TURC) in the study area as a function of the altitude.

5.1.2 Έμμεσος τρόπος υπολογισμού της κατείδυσης

Αν από τη βροχόπτωση αφαιρέσουμε την εξατμοδιαπνοή, απομένει για κατείδυση και απορροή $K + A = N_{0\lambda} - E_{\tau} = 52\%$.

Από τον υπολογισμό της απορροής στους ασβεστολίθους Ωλονού-Πίνδου (που έγινε στα πλαίσια της μελέτης Τριφυλίας-Πυλίας, σε περιοχές που εκτείνονται Α των κροκαλοπαγών) βρέθηκε ότι αυτή ανέρχεται στο 15% των βροχοπτώσεων. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερη επιφανειακή καρστικότητα και γενικά μικρότερες κλίσεις πρανών. Έτσι λοιπόν μπορούμε να δεχτούμε συντελεστή απορροής στα κροκαλοπαγή αρκετά μεγαλύτερο του 15% των ασβεστολίθων. Το ποσοστό απορροής 30% το θεωρούμε ότι πλησιάζει αρκετά την πραγματικότητα. Επομένως η τάξη μεγέθους για την ενεργό κατείδυση στα κροκαλοπαγή Μάλης-Ποταμιάς είναι $52\% - 30\% = 22\%$.

Ας σημειωθεί ότι από τις μετρήσεις της απορροής προς τη θάλασσα, που πραγματοποιήσαμε σε όλους τους χειμάρρους της Τριφυλίας-Πυλίας από το 1982 μέχρι το 1984 (από το Διπόταμο μέχρι τη Γιάλοβα) υπολογίσαμε μέσο συντελεστή επιφανειακής απορροής για το σύνολο της περιοχής 19%.

5.1.3 Συντελεστής στείρευσης της πηγής Ποταμιάς και συμπεράσματα από τη μελέτη αυτού

Από το Σχήμα 4 φαίνεται μια γρήγορη πτώση της παροχής Ξηράς περιόδου. Ο συντελεστής στείρευσης α , που υπολογίζεται από τον τύπο του MAILLET με βάση τα στοιχεία της καμπύλης στείρευσης, είναι:

$$\alpha = \frac{1qQ_0 - 1gQ_t}{0,4343xt} \quad \alpha = 0,003236 \frac{1}{\text{ημέρες}}$$

όπου $Q_0 = 0,027\text{m}^3/\text{s}$ παροχή της 20.6.1984

$Q_t = 0,001\text{m}^3/\text{s}$ " " 30.11.1984

$t =$ διάρκεια (ημέρες) της περιόδου στείρευσης = 173

Με τη βοήθεια του α μπορούμε να υπολογίσουμε για τη δεδομένη χρονική στιγμή t_0 την ποσότητα του νερού W_0 , που θα δώσει η πηγή μέχρι να εξαντληθεί η εκροή της, στη συγκεκριμένη πορεία στείρευσης, σύμφωνα με τη σχέση:

$$W_0 = \frac{86.400 \cdot Q_0}{\alpha} \quad (\text{M}^3)$$

(όπου W_0 τα εκκενώσιμα αποθέματα) $W_0 = 72.089 \text{ M}^3$

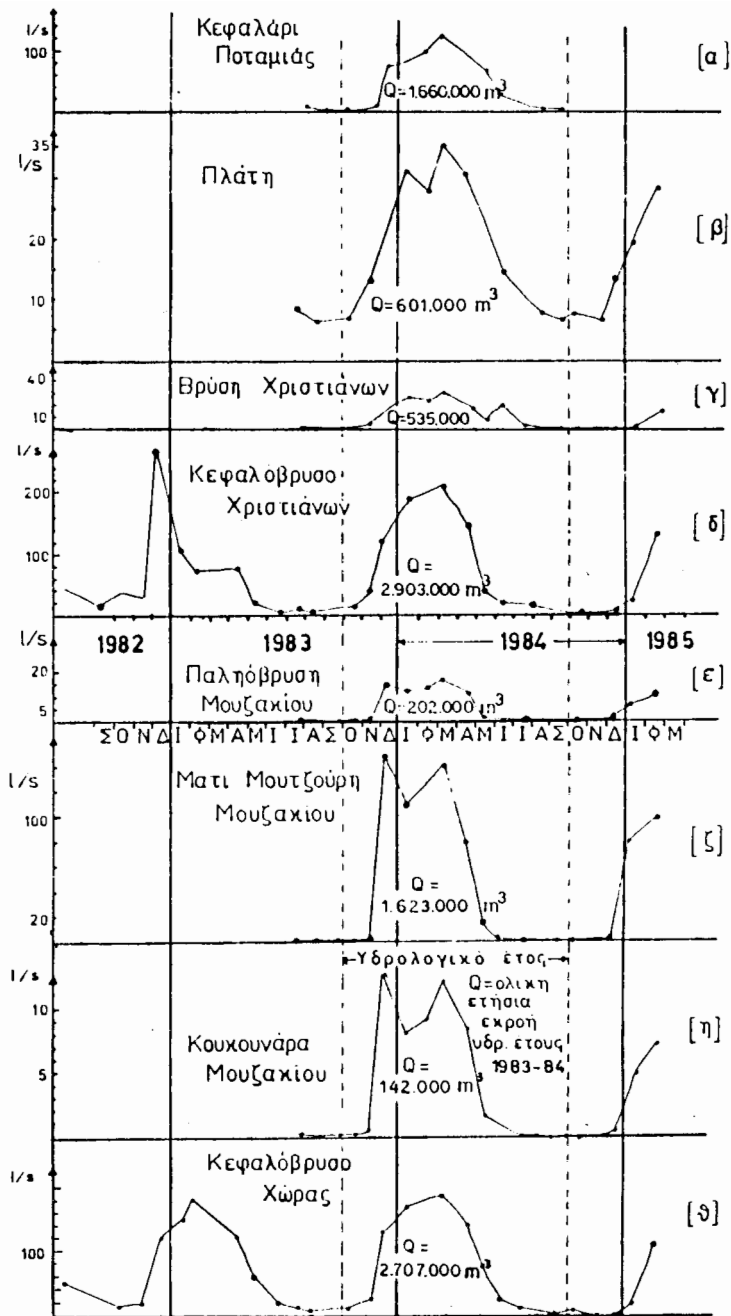
Αντικαθιστώντας στον τύπο αυτό τις αντίστοιχες παροχές προκύπτει, ότι την 15.3.84 απομένουν για εκροή μέχρι το τέλος της συγκεκριμένης πορείας στέρεισης 631.000M^3 νερού, ενώ την 30.9.84 20.000M^3 .

Η τάξη μεγέθους του συντελεστή στέρεισης α δείχνει, ότι η κίνηση του υπόγειου νερού γίνεται γρήγορα, μέσω ρηγμάτων και διακλάσεων, και ότι ο όγκος των κροκαλοπαγών Μάλης-Ποταμιάς έχει συμπεριφορά μακροδιαπερατού σχηματισμού. Από τη μορφή της καμπύλης στέρεισης (Σχήμα 4α) φαίνεται ακόμα, ότι οι μεγάλες παροχές αποδίδονται ουσιαστικά μέχρι το Μάρτιο, από την εκκένωση μεγάλων ρηγμάτων ενώ στη συνέχεια εκφορτίζονται μικρότεροι αγωγοί και το δίκτυο των μικρού ανοίγματος διακλάσεων, για ν' ακολουθήσει η εκκένωση του πορώδους του αμμόδους ιστού των κροκαλοπαγών.

5.2 Υδρογεωλογική ενότητα Πλάτης-Μουζακίου-Χώρας

Περιλαμβάνει τα βουνά Αγ.Βαρβάρα, Αγ.Γεώργιος, Αγινιά και Αντίλαρης. Δεν συνυπολογίσαμε τον όγκο της υδρογεωλογικής ενότητας Γερανίου, Α. των Αρμενιών, που για λόγους τεκτονικούς και στρωματογραφικούς αποκόπτεται από την κύρια μάζα των κροκαλοπαγών. Οι αργιλικοί σχιστόλιθοι του φλύσχη φτάνουν σε μεγάλο υψόμετρο στην πλαγιά του βουνού Γεράνιο, εμποδίζοντας την επικοινωνία στην κορεσμένη ζώνη, πράγμα που φαίνεται και από τη μελέτη της συμπεριφοράς των πηγών Αρμενιών και Στασιού (ΚΑΝΤΑΣ & ΤΗΝΙΑΚΟΣ, 1985).

Στον Πίνακα 3 παραθέτουμε τις ετήσιες εκροές των πηγών που τροφοδοτούνται από τα κροκαλοπαγή Πλάτης-Μουζακίου-Χώρας, ενώ τα αντίστοιχα υδρογράμματα φαίνονται στο Σχήμα 4β-θ. Πλήρεις μετρήσεις υπάρχουν για το υδρολογικό έτος 1983-84, ενώ για δύο μεγάλες πηγές (Κεφαλόβρυσο Χριστιάνων και Κεφαλόβρυσο Χώρας) έχουμε μετρήσεις και για το υδρολογικό έτος 1982-83. Οι 2 αυτές πηγές εκφορτίζουν τις δύο μεγαλύτερες υδροαποθεματικές υπολεκάνες του όγκου των κροκαλοπαγών. Για την πηγή Πλάτης/ύδρευση Φιλιατρών, όπου η άμεση μέτρηση είναι αδύνατη λόγω της ύπαρξης παλιάς υδρομάστευσης και υδραγωγείου από την Τουρκοκρατία, το σύνολο της ετήσιας εκροής εκτιμήθηκε από την κατανάλωση νερού του Δήμου Φιλιατρών, που χρησιμοποιεί αποκλειστικά το νερό της πηγής αυτής.



ΣΧΗΜΑ 4 : Υδρογράμματα των πηγών των Κροκαλοπαγών Μάλης - Ποταμιάς [α] και Πλάτης - Μουσακίου - Χώρας [β-θ]

FIGURE 4 : Hydrograms of the springs of the Mali-Potamia - Conglomerates (a) and the Plati-Mousaki - Conglomerates (β-θ)

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 3

Εκροές πηγών που μετρήθηκαν από 1982-1984

πηγή	1982-83(M ³)	1983-84(M ³)
(1)Πλάτη ύδρευση Φιλιατρών	*	300.000
(2) Πλάτη	*	601.000
(3)Βρύση Χριστιάνων	*	535.000
(4)Κεφαλόβρυσο Χρι- στιάνων	2.041.000	2.903.000
(5)Μάτι Μουζακίου (Παληόβρυση)	*	202.000
(6)Μάτι Μουτζούρη (Μουζακίου)	*	1.623.000
(7)Κουκουνάρα Μου- ζακίου	*	142.000
(8)Κεφαλόβρυσο χώ- ρας	2.269.000	2.707.000
*δεν υπάρχουν μετρήσεις	Σύνολο	9.013.000

Η ολική επιφάνεια ανάπτυξης των κροκαλοπαγών Πλάτης-Μουζακίου-Χώρας είναι 34,83KM² και η ποσοστιαία κατανομή των υψομετρικών κλάσεων φαίνεται στον πίνακα 4. Με βάση αυτά κατασκευάζεται η αθροιστική καμπύλη κατανομής των υψομέτρων, από την οποία υπολογίζουμε το μέσο υψόμετρο σε 587 μ.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 4

Κατανομή υψομετρικών κλάσεων κροκαλοπαγών Πλάτης-Μουζακίου-Χώρας

Υψομετρ. κλάση	KM ²	%	αθροιστ. %
200-300	-	-	-
300-400	3,43	9,84	9,8
400-500	6,95	19,95	29,8
500-600	5,38	15,44	45,2
600-700	5,08	14,58	59,8
700-800	6,15	17,66	77,5
800-900	3,14	9,01	86,5
900-1000	3,02	8,67	95,2
1000-1100	1,29	3,70	98,9
1100-1200	0,39	1,12	99,98

Σύνολο

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

5.2.1 Άμεσος τρόπος υπολογισμού ενεργού κατείδυσης

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής στο υψόμετρο αυτό είναι 1086χλσ., και η εξατμοδιαπνοή $E_T = 57,3\%$ (σχ.3). Για κατείδυση (K) και επιφανειακή απορροή (A) απομένει $K+A = 42,7\%$ του νερού της βροχής. Η συνολική ποσότητα βροχής στα κροκαλοπαγή είναι $N_{O\lambda} = 34,83\text{KM}^2 \cdot 1,086 \text{ M} = 37,83 \cdot 10^6 \text{M}^3$, οπότε $K+A = 42,7\% \cdot N_{O\lambda} = 16,15 \times 10^6 \text{M}^3/\text{έτος}$.

Οι πηγές του πίνακα 3 (υδρογράμματα βλ.σχ.4β-θ) έχουν ετήσια ολική εκροή $Q_{O\lambda} = 9,013 \cdot 10^6 \text{M}^3/\text{έτος} = 0,21N_{O\lambda}$. Συνοψίζουμε λοιπόν: $N_{O\lambda} = 100\% = \text{ετήσια βροχόπτωση}$
 $E_T = 57,3\% \text{ εξατμοδιαπνοή}$
 $Q_{O\lambda} = 24\% \text{ εκροή πηγών}$.

Αν θεωρήσουμε ότι το σύνολο της εκροής των πηγών είναι η διηθούμενη προς την κορεσμένη ζώνη ποσότητα νερού, τότε η συνολική ποσότητα διήθησης είναι

$I = Q_m \cdot \frac{t}{S} \cdot 1000$, όπου Q_m είναι η μέση παροχή (M^3/sec) που εκρέει από το σύνολο των πηγών, S η επιφάνεια τροφοδοσίας, (M^2 , t η χρονική διάρκεια του έτους σε $\text{sec} = 31.536.000$). Από το $Q_{O\lambda} = 9.013.000 \text{M}^3/\text{έτος}$ προκύπτει $Q_m = 0,2858 \text{M}^3/\text{sec}$. $S = 34.830.000 \text{M}^2$. Αντικαθιστώντας στον τύπο τις τιμές αυτές έχουμε $I = 0,259 \text{ M} = 259 \text{ χλσ}$. Με ύψος βροχής 1086 χλσ, η ενεργός κατείδυση είναι 24%.

5.2.2 Επιφανειακή απορροή των κροκαλοπαγών

Με βάση τις τιμές $N_{O\lambda}$, E_T και $Q_{O\lambda}$ απομένει για επιφανειακή απορροή από τα κροκαλοπαγή Πλάτης-Μουζακίου-Χώρας ποσοστό

$A = N_{O\lambda} - E_T - Q_{O\lambda} = 100\% - 57,3\% - 24\% = 18,7\%$. Η τιμή αυτή είναι μικρότερη σε σχέση με εκείνη που υπολογίσαμε για τα κροκαλοπαγή Μάλης-Ποταμιάς (30%). Αυτό το αποδίδουμε στο ότι στην ενότητα Πλάτης-Μουζακίου-Χώρας περιλαμβάνεται και το οροπέδιο της Μάλης, που συγκεντρώνει αξιόλογη ποσότητα προσωρινά λιμνάζοντος νερού. Αυτό το νερό διηθείται κατά ένα ποσοστό στο οροπέδιο, ενώ ένα άλλο ποσοστό αυτού διηθείται μέσα στα κροκαλοπαγή κατά την επιφανειακή του απορροή από το οροπέδιο προς την περιοχή Αγ.Γεωργίου.

Οι γενικές παρατηρήσεις που κάναμε στην παράγραφο 5.1.2 σχετικά με την ενεργό κατείδυση των κροκαλοπαγών Μάλης-Ποταμιάς
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

ισχύουν και για την ενότητα αυτή.

Η καμπύλη πτώσης παροχής στα υδρογράμματα του Σχήματος 4β-θ δείχνει ότι σε όλες τις πηγές η εκφόρτιση γίνεται γρήγορα, ενώ η καμπύλη στείρευσης ακολουθεί βραδύτερο ρυθμό.

Στα υδρογράμματα ξεχωρίζει η πηγή Πλάτης, που διατηρεί κατά τη θερινή περίοδο παροχή της τάξης των $0,007M^3/sec$, δηλαδή σαφώς μεγαλύτερη σε σύγκριση με άλλες πηγές με πολύ μεγαλύτερη ολική ετήσια εκροή. Αυτό οφείλεται στο ότι η πηγή Πλάτης εκδηλώνεται όχι απευθείας στην επαφή κροκαλοπαγών/αργιλικών σχιστολίθων, αλλά μέσω τεταρτογενών πλευρικών κορημάτων και υλικών κώνων χειμάρρων. Το δευτερεύον μέγιστο που δείχνουν τα υδρογράμματα ορισμένων πηγών (Πλάτη, Βρύση Χριστιάνων, Μάτι Μουτζούρη Μουζακίου, Κουκουνάρα Μουζακίου) οφείλεται στη σχετική ανομβρία του ΙΑΝ/ΦΕΒΡ 84 και την επανάληψη των βροχών από τα τέλη Φεβρ. μέχρι και τον Απρίλιο.

Στον ακόλουθο πίνακα 5 συνοψίζουμε τα στοιχεία που αφορούν το συντελεστή στείρευσης α , τα εκκενώσιμα αποθέματα W_0 και την ποσότητα που απομένει για να εκρεύσει ακόμα στο τέλος της καμπύλης στείρευσης, στην ακραία περίπτωση όπου θα υπάρξει μεγάλη καθυστέρηση έναρξης της βροχερής περιόδου (W').

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 5
Σύνοψη στοιχείων που αφορούν τις πηγές των
κροκαλοπαγών Πλάτης-Μουζακίου-Χώρας

Πηγή	Περίοδος στείρευσης	Q_0 lt/ sec	Q_T lt/ sec	t διάρκεια στείρευσης (ημέρες)	α (1/ημέρες)	Εκκενώσιμα αποθέματα W_0 (m^3)	W' (m^3) που απο- μένει πριν την έναρξη της βροχερής περιόδου	Εκροή απο της Απριλίου- 30η Σεπτεμβρίου m^3	τελε του Q_{04}
Πλάτης	19/6/-20/9/84	15	7	93	0,008195	158.000	74.000	246.000	41%
Κεφαλόβρυσος Χριστιάνων	24/5/-16/10/84	42	3,5	145	0,01714	212.000	18.000	609.000	25%
Παλιόβρυσος Μουζακίου	24/5/-28/11/84	2,3	0,3	188	0,01083	18.000	2.500	59.900	30%
Μάτι Μουτζούρη "	24/5/-17/9/84	16,4	0,6	116	0,02852	50.000	1.800	379.000	23%
Κουκουνάρα "	24/5/-28/11/84	1,8	0,1	188	0,01537	10.000	560	40.400	28%
Κεφαλόβρυσος Χώρας	20/6/-17/9/84	30	10	89	0,01234	210.000	70.000	783.000	31%
	28/6/-23/8/83	20,7	10,1	56	0,01281	140.000	68.100		

Η πρακτική σημασία των παραπάνω υπολογισμών έγκειται στο ότι μπορούμε από την εκκενώσιμη ποσότητα να καθορίσουμε ζώνες που μπορεί να γίνει πρόσθετη απόληψη νερού με την κατασκευή κατάλληλου υδρομαστευτικού έργου (γεώτρησης, υδρομάστευσης ή πλαγιότρησης). Το Κεφαλόβρυσο Χώρας, το Κεφαλόβρυσο Χριστιάνων και η Πλάτη φαίνεται ότι έχουν τις ευνοϊκότερες προϋποθέσεις για το σκοπό αυτό.

Αξιοσημείωτη είναι η σχεδόν πλήρης ταύτιση του συντελεστή α στο Κεφάλαιο Χώρας για τις δύο χρονιές, 1982-83 και 1983-84. Η διαφορά των δύο $\alpha_{1983} = 0,01281$ και $\alpha_{1984} = 0,01234$ είναι μόλις 4%, παρόλο που η ολική εκροή του 1984 ήταν κατά 19% αυξημένη έναντι του 1983. Αν λάβουμε υπόψη και την κάποια υποκειμενικότητα κατά τον καθορισμό των ορίων της καμπύλης στείρευσης, την όχι μεγάλη πυκνότητα των μετρήσεων (1/μήνα) και τα πιθανά σφάλματα στις μετρήσεις, μπορούμε να θεωρήσουμε τις δύο τιμές ως ταυτόσημες.

6. Υδραυλικές κλίσεις στα κροκαλοπαγή

Για την ταχύτητα υπόγειας ροής μπορούμε έμμεσα μόνο να βγάλουμε κάποιο συμπέρασμα, αφού με τα υπάρχοντα στοιχεία δεν μπορούμε να κατασκευάσουμε ισοπιεζομετρικές καμπύλες. Μπορούμε όμως να υπολογίσουμε από τις θέσεις των πηγών κατά προσέγγιση τις υδραυλικές κλίσεις, με τη βοήθεια των υψομετρικών διαφορών μεταξύ των πηγών θεωρώντας τα κροκαλοπαγή κατ' αρχήν ως ενιαία υδροαποθεματική ζώνη. Στον πίνακα 6 παραθέτουμε τα σχετικά αποτελέσματα, με τα απαραίτητα στοιχεία.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 6

Υπολογισμός της υδραυλικής κλίσης στην υδροαποθεματική λεκάνη Κρ/γών Πλάτης-Μουζακίου-Χώρας

Πηγή	Υψομ. μ.	απόσταση μ.	Υψομ. διαφο- ρά, μ.	υδραυλική κλίση 5%
Πλάτη	310	4.500	110	2,44
Κεφ/βρυσο Χριστ.	420		80	2,66
Μάτι Μουτζούρη (Μουζακίου)	500	7.000	160	2,28
Κεφαλόβρυσο (Χώρας)	340			
			μέση τιμή	2,46%

Από τις γενικές παρατηρήσεις που έγιναν οδηγούμαστε στο να δεχτούμε, ότι στην ενότητα των κροκαλοπαγών Πλάτης-Μουζακίου-Χώρας υπάρχει μια υδροαποθεματική λεκάνη με όχι ευχερή και συνεχή επικοινωνία στα διάφορα τμήματά της. Τα τμήματα αυτά αποτελούν τις υδροαποθεματικές υπολεκάνες, που επικοινωνούν μεταξύ τους τουλάχιστον ανά δύο.

Δεχόμαστε ότι από την υδροαποθεματική υπολεκάνη της πηγής Μάτι Μουτζούρη Μουζακίου οι γραμμές ροής του συνόλου της υπόγειας λεκάνης ακολουθούν δύο κύριες κατευθύνσεις, περίπου αντίθετες: α) προς την πηγή Κεφαλόβρυσο Χριστιάνων και Πλάτη β) προς την πηγή Κεφαλόβρυσο Χώρας.

Στον πίνακα 6 παρατηρούμε ότι οι υδραυλικές κλίσεις είναι πολύ μεγάλες για μακροδιαπερατούς σχηματισμούς. Για σύγκριση σημειώνουμε ότι στους ασβεστόλιθους Φιλιατρών η υδραυλική κλίση που υπολογίσαμε (με βάση τις στάθμες γεωτρήσεων) ήταν της τάξης του 0,05 έως 0,005% στο μεγαλύτερο μέρος τους (ΚΑΝΤΑΣ & ΤΗΝΙΑΚΟΣ, 1985). Η ερηνγεία που προτείνουμε είναι:

α) Στα κροκαλοπαγή Μεσσηνίας, παρά τη γρήγορη εκφόρτιση των πηγών, υπάρχουν επιμέρους υδροαποθεματικές λεκάνες που δεν έχουν μεταξύ τους εύκολη επικοινωνία: Στην περίπτωση αυτή είναι σφάλμα να γίνεται λόγος για υδραυλική κλίση ενιαίου καρστικού υδροφόρου κορεσμένης ζώνης μέσα στα κροκαλοπαγή.

β) Η καρστικότητα δεν είναι τόσο ανεπτυγμένη-πράγμα λογικό κατ'αρχήν-αντίθετα υπάρχουν πολλοί μεμονωμένοι αγωγοί κίνησης νερού μέσα σε δίκτυο διασταυρωμένων διακλάσεων και ρηγμάτων, και μερικοί κεντρικοί συλλεκτήριοι αγωγοί (κυρίως στις μεγάλες πηγές), οπότε είναι δυνατή η αποκατάσταση καθεστώτος μεγάλης υδραυλικής κλίσης, τουλάχιστον κατά την περίοδο βροχών. Σημαντικό ρυθμιστικό ρόλο παίζει, κατά τη γνώμη μας, η χαλαρή άμμος που απελευθερώνεται κατά την κίνηση του υπόγειου νερού μέσα στα κροκαλοπαγή και μπορεί να συγκεντρώνεται σε διάφορα τμήματα των αγωγών μειώνοντας τη διαβιβαστικότητα των κροκαλοπαγών, χωρίς όμως να τα στεγανοποιεί.

Κροκαλοπαγή με παρόμοια νεωτεκτονική εξέλιξη και ανάλογο ιστοτό πετρώματος (κυρίως σε ότι αφορά την παρουσία της άμμου ως συγκολλητικής ουσίας) έχουμε και σε άλλα μέρη της Δυτ. Ελλάδας: Σμέρνα Ηλείας, Καλέντζι Αχαΐας, Λυσιμαχία-Χρυσοβέργι Αιτ/νίας, Γεωργουλαϊϊκα-Παναγίτσα και Καρυά-Σκλάβαινα Αιτ/νίας. Οι εμφανίσεις αυτών των κροκαλοπαγών συχνά συγκροτούν αυτοτελείς υδρο-

γεωλογικές ενότητες, και οι οποίες κατά τη χαρτογράφηση συγχέονται με τα Νεογενή. Το τελευταίο π.χ. ισχύει για τους λόφους του Ελαιοφύτου (Γιάλοβα Πυλίας), όπου τα κροκαλοπαγή Μεσσηνίας αποτελούν σημαντικώτατη υδρογεωλογική μονάδα, με γεωτρήσεις μεγάλης και αρτεσιανής παροχής, καθώς και την περιοχή βόρεια της Κυπαρισσίας.

7. Συμπεράσματα

7.1 Από το μέσο όρο της ενεργού κατείδυσης, που υπολογίσαμε τόσο με δύο άμεσους όσο και με δύο έμμεσους τρόπους σε δύο διαφορετικές ενότητες των ολισθοστρωματικών Κροκαλοπαγών Μεσσηνίας, διαπιστώνουμε ότι η τιμή 21% επί του συνόλου των ετησίων βροχοπτώσεων μπορεί να θεωρηθεί ως αντιπροσωπευτική.

7.2 Από τη μορφή της καμπύλης στείρευσης των πηγών που αναφέραμε, και ιδιαίτερα από το δεύτερο ήμισυ αυτών πρέπει να συμπεράνουμε, ότι η τρομοδοσία των πηγών στο τέλος της άνυδρης περιόδου οφείλεται κυρίως στην εκφόρτιση της υδροφορίας μικροδιαπερατών τμημάτων των κροκαλοπαγών.

7.3 Οι τιμές του συντελεστή στείρευσης α σε όλες (πλην της πηγής Πλάτης, όπου είναι μάλλον μεικτού τύπου υδροφορία) τις πηγές δείχνουν κίνηση νερού μέσα από διάκενα και ρήγματα, όπως αναμένεται για μακροδιαπερατούς σχηματισμούς.

7.4 Από τις τιμές των εκκενώσιμων αποθεμάτων W_0 προκύπτει, ότι στις πηγές Κεφαλόβρυσο Χριστιάνων, Κεφαλόβρυσο Χώρας και Πλάτης είναι δυνατή η εκτέλεση πρόσθετων υδρομαστευτικών έργων για την απόληψη πρόσθετης ποσότητας νερού κατά την 4μηνη άνυδρη περίοδο. Η συνολική πρόσθετη ποσότητα νερού κατά πηγή είναι της τάξης των 74.000, 70.000 και 18.000M³ αντίστοιχα.

7.5 Ένας πρώτος προσεγγιστικός υπολογισμός της υδραυλικής κλίσης στα κροκαλοπαγή Πλάτης-Μουζακίου-Χώρας δείχνει τιμές πολύ μεγάλες για μακροδιαπερατά πετρώματα (2,46% κ.μ.ό.). Επομένως και οι ταχύτητες υπόγειας ροής και ο συντελεστής διαπερατότητας αναμένεται ότι θα έχουν υψηλές τιμές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. CASTANY, G. (1967): Traite pratique des eaux souterraines. Dunod, Paris.
2. CASTANY, G. (1967): Prospection et exploitation des eaux souterraines. - Dunod, Paris.
3. ΚΑΝΤΑΣ, Κ. - ΤΗΝΙΑΚΟΣ, Α. (1985): Υδρογεωλογική μελέτη Τριφυλίας-Πυλίας, Δ.Μεσσηνίας. - Υπουργείο Γεωργίας, 5η Περιφ. Δ/ση Ενγείων Βελτιώσεων, Πάτρα.
4. KELLETTAT D. - KOWALCZYK, G. - SCHRODER, B. - WINTER, K.P. (1976): A synoptic view on the neotectonic development of the Peloponnesian coastal region. - Z.d.t. geol. Ges. 127, S.447 - 465, Hannover.
5. ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η. (1975): Σκέψεις και απόψεις επί ωρισμένων προβλημάτων της γεωλογικής και τεκτονικής δομής της Πελοποννήσου - Annales Geologiques des Pays Helléniques, 1ere Serie, Tome 27eme. p. 215-313.
6. PERRIER, E. (1980): Γεωλονικός Χάρτης ΦΥΛΛΟ ΦΙΛΙΑΤΡΑ. - έκδοση ΙΓΜΕ, 1:50.000, Αθήνα.
7. SCHOELLER, H. (1962): Les eaux souterraines. - Masson et Cie, Paris.
8. ΣΟΥΛΙΟΣ, Γ. (1985): Συμβολή στην υδρογεωλογική μελέτη των καρστικών υδροφόρων συστημάτων του ελληνικού χώρου. - Θεσσαλονίκη.