



ΟΙ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΗΣ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΚΑΡΣΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ ΤΩΝ
ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΩΝ ΟΡΕΙΝΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.
ΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ ΤΟΥΣ*

*Από τόν
ΠΑΥΛΟ Γ. ΜΑΡΙΝΟ**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία που ακολουθεί διακρίνεται σε δύο μέρη. Στο πρώτο, με βάση τα γνωστά περί κάρστ και τις προσωπικές μας εμπειρίες, επιχειρείται μία ταξινόμηση και τυποποίηση της μορφής και υδρογεωλογικής λειτουργίας του υπόγειου καρστικού δικτύου, μιας συνεχούς ασβεστολιθικής μάζας, όπως μπορεί να αναγνωρισθεί από την διασπορά, τη διανομή και τη θέση των πηγών και το καθεστώς των παροχών τους. Στο δεύτερο έχουν συγκεντρωθεί και περαιτέρω εξετασθεί, τα αποτελέσματα παλαιότερων έρευνών μας σχετικά με την κατάσταση των ασβεστόλιθων στο έσωτερικό μεγάλων ολοκαρστικών όρεινων μαζών (MARINOS 1978a, 1978b). Στις εργασίες αυτές μπορεί να αναζητηθούν λεπτομέρειες για τις συγκεκριμένες κάρστικές μάζες που αναφέρονται, όπως και η λεπτομερής βιβλιογραφία.

1. ΥΠΟΓΕΙΟ ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΙ ΚΑΡΣΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

Η υπόγεια καρστική κατάσταση των ασβεστολιθικών περιοχών μπορεί να εκτιμηθεί από την επιφάνεια, με τη μελέτη των πηγών που τις αποστραγγίζουν. Η μελέτη αυτή αφορά κυρίως στη διασπορά ή διανομή των πηγών πάνω στην ασβεστολιθική εξάπλωση, στην ύψομετρική τους θέση, στο μέγεθος και στο ρυθμό μεταβολής των παροχών τους. Αν προσπαθήσουμε να τυποποιήσουμε σε μία κάποια ταξινόμηση τις καταστάσεις αυτές, μπορούν να διακριθούν οι έξι περιπτώσεις:

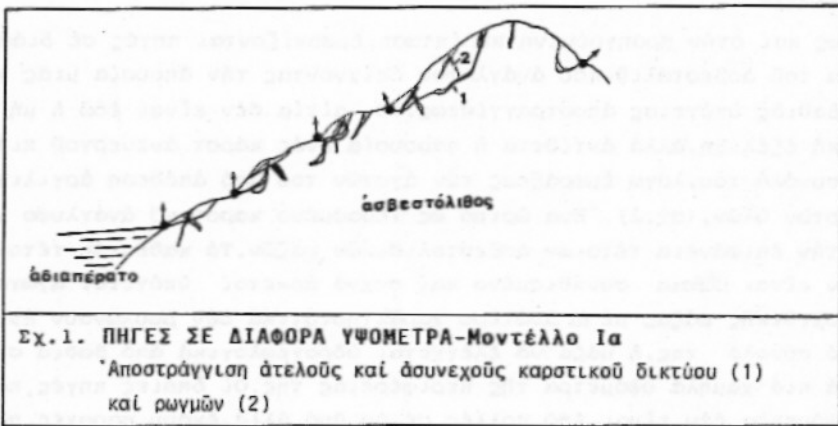
* Les conditions de la karstification souterraine des massifs calcaire en Grece. Les eaux souterraines.

** MARINOS, P. Laboratoire de Geologie d'Ingénieur, Université de Thrace, Xanthi, Grèce.

1.1. ΜΟΝΤΕΛΛΟ Ι: ΠΗΓΕΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΥΨΟΜΕΤΡΑ

1.1.1. Μοντέλλο Ια: Πολλές, με μικρές παροχές σε μη καρστικό επιφανειακό ανάγλυφο.

Οι πηγές στην περίπτωση αυτή παρουσιάζουν μιά διασπορά ως προς τις θέσεις που έκδηλώνονται πάνω στην ασβεστολιθική μάζα. Η διασπορά αυτή αφορά διάφορα ύψομετρα πηγών, συχνά και στά υψηλά σημεία του ασβεστολιθικού ανάγλυφου. (σχ. 1). Η περίπτωση αυτή αντιστοιχεί σε ένα φτωχό σε ανάπτυξη υπόγειο καρστικό δίκτυο άγωγων χωρίς συστηματική διασύνδεση και συνεπώς άσυνεχες και με μικρές διατομές. Οι παροχές είναι πάντοτε μικρές και όρισμένες από τις πηγές είναι δυνατό να στερεύουν στις ξερές περιόδους του έτους.



Οι ασβεστολιθικές περιοχές οι όποιες χαρακτηρίζονται από ένα τέτοιο καθεστώς παρουσιάζουν πτωχή καρστική ανάπτυξη με καρστικά φαινόμενα υπό εξέλιξη και συνεπώς περιορισμένα σε έκταση και ένταση. Το τοπογραφικό ανάγλυφο στερείται έξομαλύνσεων και επίπεδωσης σε ένδιάμεσα ή υψηλά ύψομετρα, δέν παρουσιάζει στρογγυλεμένες μορφές και έμφανίζει άξιόλογο αριθμό σε μισογάγγειες χαρακτηριστικό μιάς περιορισμένης κατεισδύσεως του νερού της βροχής και παρουσίας κάποιας επιφανειακής άπορροής η τελευταία έπιτρέπει την ανάπτυξη και άξιόλογης, για ασβεστολιθικά πετρώματα, βλάστησης. Χαρακτηριστική μπορεί να είναι έδω η παρουσία εφήμερων πηγών, ύστερα από καταιγίδες σε διάφορες θέσεις στις ασβεστολιθικές πλαγιές, ένδεικτική της άπουσίας βαθιάς άποστραγγίσεως, λόγω του μη αναπτυγμένου υπόγειου καρσι-

κοῦ δικτύου. Αίτια αὐτῆς τῆς καρστικῆς ἐξελίξεως μπορεῖ νά ἀποτελεῖ ἡ λιθολογικὴ σύσταση, μὲ παρεμβολές ἐνδιαστρώσεων μικρῆς περατότητας (κερατόλιθοι, ἀργιλικοὶ σχιστόλιθοι, μάργες, κ.ἄ. - π.χ. ὀρισμένοι ἀσβεστόλιθοι τῶν Σινιῶν στὴν Ἰόνιο Ζώνη καὶ ἀσβεστολιθικὲς σειρές στὴ Ζώνη τῆς Πίνδου). Ἄλλη αἰτία μπορεῖ νά εἶναι ἡ τεκτονικὴ ἢ καὶ στρωματογραφικὴ θέση τῶν ἀσβεστόλιθων ἀνάμεσα σέ στεγανούς σχηματισμούς (π.χ. τεκτονικά λέπη τῆς Ζώνης τῆς Πίνδου), πού προβάλλει στενές σέ εὖρος ἐμφανίσεις σέ ἕνα πρόσφατα, γεωλογικά, διαμορφωμένο τοπογραφικὸ ἀνάγλυφο.

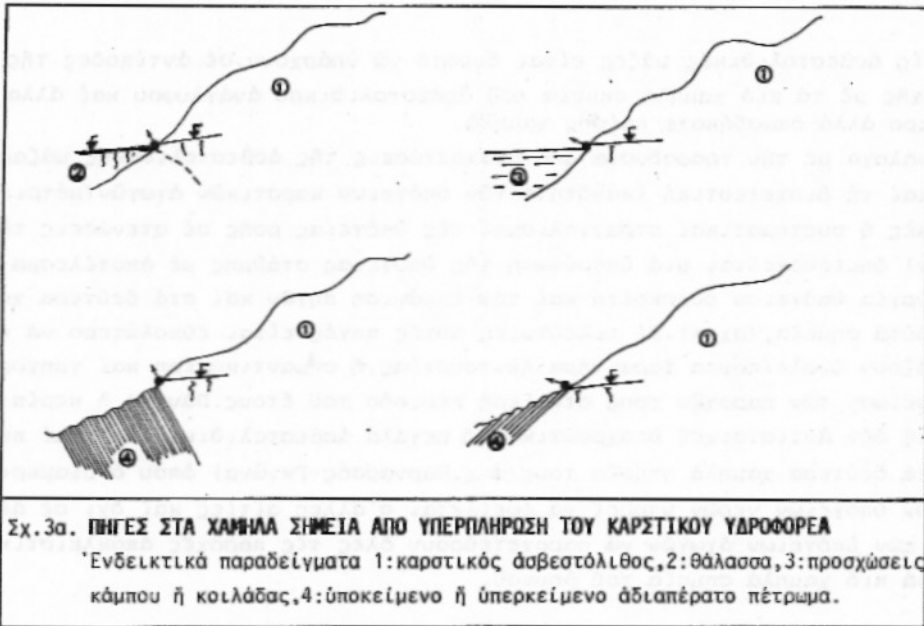
1.1.2. Μοντέλλο ΙΒ: Πηγές σέ διάφορα ὑψόμετρα σέ καρστικοποιημένο ἐπιφανειακό ἀνάγλυφο

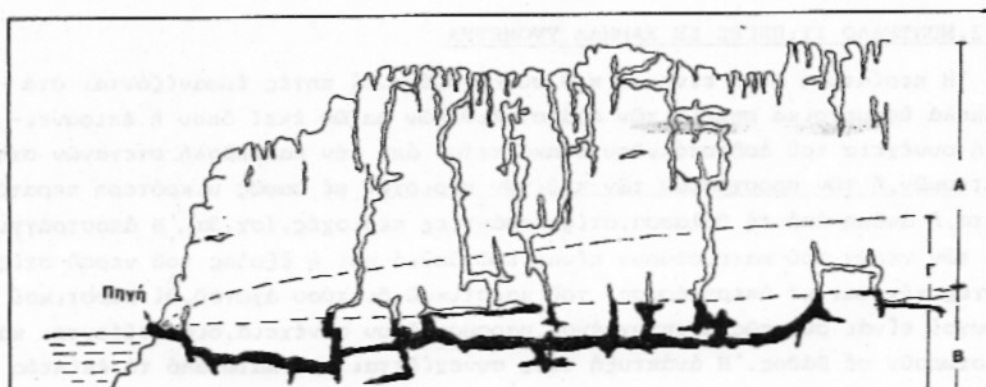
Ὅπως καὶ στὴν προηγούμενη περίπτωση, ἐμφανίζονται πηγές σέ διάφορα ὑψόμετρα τοῦ ἀσβεστολιθικοῦ ἀνάγλυφου δείχνοντας τὴν ἀπουσία μιᾶς γενικευμένης βαθιᾶς ὑπόγειας ἀποστραγγίσεως. Ἡ αἰτία δέν εἶναι ἐδῶ ἡ μὴ ὑπόγεια καρστικὴ ἐξέλιξη, ἀλλὰ ἀντίθετα ἡ παρουσία ἐνός κάρστ ἀνενεργοῦ πιά, μερικὰ ἢ στό σύνολό του, λόγω ἐμφράξεως τῶν ἀγωγῶν του ἀπό ἀπόθεση ἀργιλικῶν, συνήθως, φερτῶν ὑλῶν, (σχ.2). Ἐνα ὄριμο ὡς γερασμένο καρστικό ἀνάγλυφο χαρακτηρίζει τὴν ἐπιφάνεια τέτοιων ἀσβεστολιθικῶν μαζῶν. Τό καθεστῶς τέτοιων πηγῶν δέν εἶναι βέβαια συνηθισμένο καὶ συχνά ἀρκετοὶ ὑπόγειοι ἀγωγοὶ μιᾶς ἀσβεστολιθικῆς μάζας μὲ τὰ ἀνωτέρω χαρακτηριστικά δέν βουλῶνουν ἐντελῶς ὥστε, στό σύνολό της, ἡ μάζα νά ἐλέγχεται ὑδρογεωλογικά ἀπό βαθιά στράγγιση πρὸς τὰ πιό χαμηλά ὑψόμετρα τῆς περιφέρειᾶς της. Οἱ ὅποιες πηγές, πάντως, σέ ψηλά ὑψόμετρα δέν εἶναι ἐδῶ πολλές σέ ἀριθμὸ ἀλλὰ ἔχουν παροχές πολὺ πιό ἀξιόλογες ἀπὸ τὴν προηγούμενη περίπτωση. Στὴ χώρα μας καταστάσεις πού μερικὰ προσεγγίζουν αὐτό τό μοντέλλο μποροῦμε νά βροῦμε σέ πηγές ὀλοκαρστικῶν περιοχῶν ὅπως τῆς Γκιῶνας, ἢ τῶν ἀνατολικῶν καρστικῶν περιοχῶν τῆς Πελοποννήσου.



1.2. ΜΟΝΤΕΛΛΟ ΙΙ: ΠΗΓΕΣ ΣΕ ΧΑΜΗΛΑ ΥΨΟΜΕΤΡΑ

Ἡ περίπτωση αὐτή εἶναι ἡ πιό συνηθισμένη. Οἱ πηγές ἐμφανίζονται σὲ χαμηλά ὑψομετρικά σημεῖα τῶν ἀσβεστόλιθικῶν μαζῶν ἐκεῖ ὅπου ἡ ἐπιφανειακὴ συνέχεια τοῦ ἀσβεστόλιθου διακόπτεται ἀπὸ τὴν παρεμβολὴ στεγανῶν σχηματισμῶν, ἢ τῶν προσχώσεων τῶν πεδινῶν περιοχῶν μὲ σαφῶς μικρότερη περατότητα, ἢ ἀκόμη ἀπὸ τὴ θάλασσα, στὶς παράκτιες περιοχές, (σχ. 3α). Ἡ ἀποστράγγιση τῶν νερῶν πού κατεισδύουν εἶναι, ἐδῶ, βαθιὰ καὶ ἡ ἔξοδος τοῦ νεροῦ στὶς πηγές γίνεται μὲ ὑπερπλήρωση τοῦ καρστικοῦ δικτύου ἀγωγοῦ. Οἱ καρστικοὶ ἀγωγοὶ εἶναι συνεπῶς ἀνεπτυγμένοι, παρουσιάζουν συνέχεια, διασυνδέονται καὶ προχωροῦν σὲ βάθος. Ἡ ἀνάπτυξή τους συνεχίζεται καὶ κάτω ἀπὸ τὸ ἐπίπεδο τῆς σημερινῆς ἐκφορτίσεως τῶν ὑπόγειων νερῶν, στὶς περιπτώσεις κυρίως πού τὸ ἐπίπεδο αὐτὸ ἀντιστοιχεῖ στὶς προσχώσεις τῆς πεδινῆς περιοχῆς στὶς βάσεις τῶν ἀσβεστόλιθικῶν βουνῶν, ἢ στὴ θάλασσα. Ἐδῶ ἀναφέρεται δηλ. τὸ ἐπίπεδο βάσεως τοῦ καρστ, σὲ βάθος ἀνάλογο μὲ τὴ παλαιογεωγραφικὴ ἐξέλιξη τῆς περιοχῆς καὶ τὶς ἀνοδικές καὶ καθοδικές κινήσεις τῶν πρόσφατων τεκτονικῶν καὶ εὐστατικῶν μεταβολῶν.





Σχ. 3β. ΖΩΝΟΓΡΑΦΙΑ ΣΕ ΕΝΑ ΤΥΠΙΚΟ ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ

A: Ζώνη μεταβιβάσεως, Β: ζώνη κορεσμού, Γ: ζώνη κορεσμού στις ύψηλες τροφοδοσίες (πλημμύρες). Κλίμακες κάρσι σχηματικές

Στις άσβεστολιθικές μάζες είναι δυνατό να υπάρχουν, σε αντίποδες της περιοχής με τα πιο χαμηλά σημεία του άσβεστολιθικού ανάγλυφου και άλλα λιγότερο αλλά όπωςσδήποτε επίσης χαμηλά.

Ανάλογα με την τροφοδοσία από βροχοπτώσεις της άσβεστολιθικής μάζας, αλλά και τη διοχετευτική ικανότητα των υπόγειων καρστικών αγωγών (μέτριες διατομές ή συστηματικοί στραγγαλισμοί της υπόγειας ροής σε στενώσεις των αγωγών) δημιουργείται μια υπερύψωση της υπόγειας στάθμης με αποτέλεσμα τη δημιουργία υπόγειου υδροκρίτη και την εμφάνιση πηγών και στά δευτέρα χαμηλά αυτά σημεία, (σχ. 4). Οι τελευταίες αυτές πηγές είναι εύκολότερο να παρουσιάζουν διαλείποντα χαρακτήρα λειτουργίας, ή σημαντικότερη και γρηγορότερη μείωση των παροχών τους στη ξερή περίοδο του έτους. Πάντως ή περίπτωση αυτή δεν αντιστοιχεί υποχρεωτικά στα μεγάλα άσβεστολιθικά βουνά με πηγές στά δευτέρα χαμηλά σημεία τους (π.χ. Παρνασσός-Γκιώνα) όπου ο διαμερισμός των υπόγειων νερών μπορεί να οφείλεται σ' άλλες αιτίες και όχι σε άδυναμία των υπόγειων αγωγών να παροχετεύσουν όλες τις παροχές αποκλειστικά προς τα πιο χαμηλά σημεία του βουνού.



Σχ.4. ΠΗΓΕΣ ΣΕ ΧΑΜΗΛΑ ΣΗΜΕΙΑ - ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΒΑΘΕΙΑ ΚΑΡΣΤΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΜΑΖΑΣ

Οι πηγές στα δεύτερα χαμηλά σημεία (β) εκδηλώνονται αν το καρστικό δίκτυο δεν μπορεί να εκκενώσει όλη τη παροχή προς α. Είναι μικρότερης παροχής ή και εποχιακές.

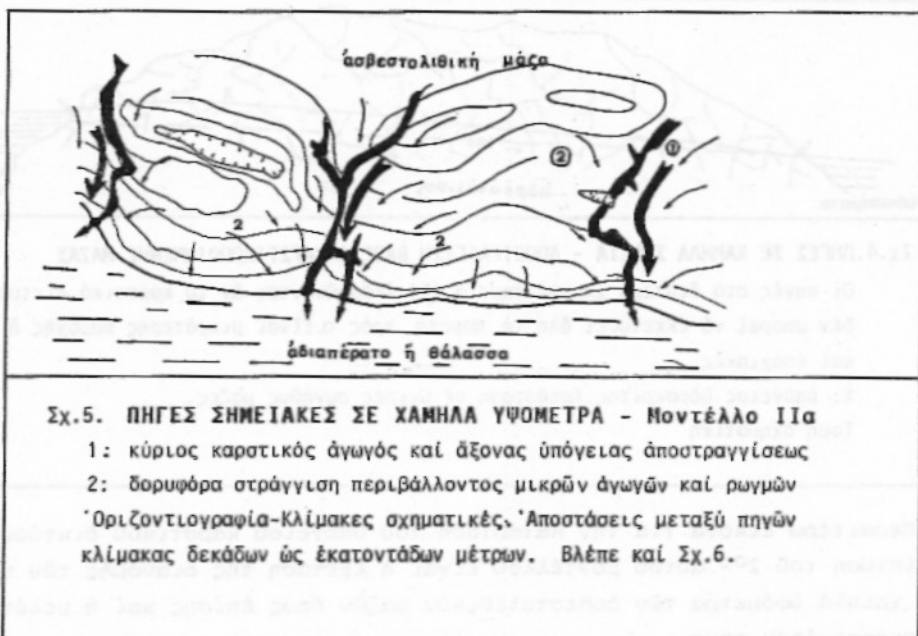
X: υπόγειος υδροκρίτης. Κατάσταση σε μικρές συνήθως μάζες.

Τομή σχηματική

Περαιτέρω εικόνα για την κατάσταση του υπόγειου καρστικού δικτύου στην περίπτωση του 2^{ου} αυτού μοντέλλου είναι η εξέταση της διανομής των πηγών στα χαμηλά υψόμετρα των άσβεστολιθικών μαζών όπως επίσης και η μελέτη των υδρογραφημάτων τους.

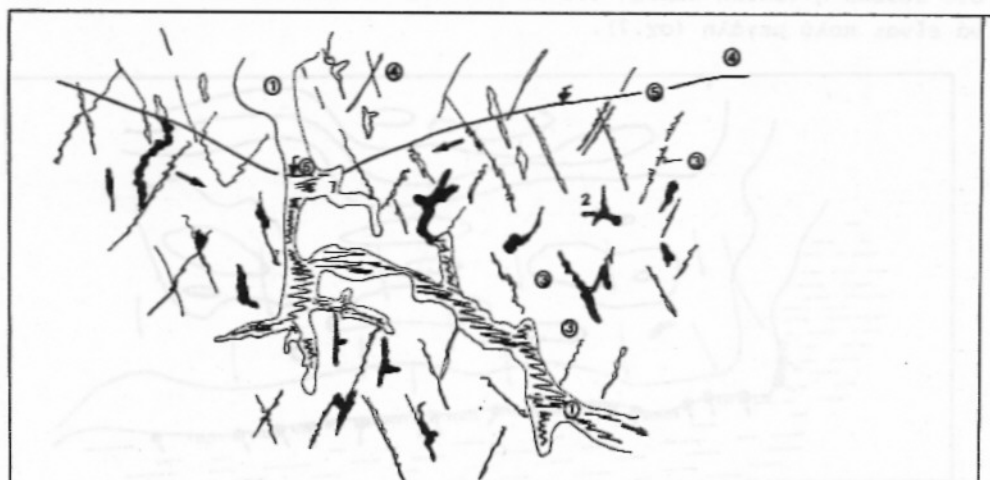
1.2.1. Μοντέλλο IIα. Πηγές σημειακές

Στην περίπτωση αυτή και όταν τα χαμηλά σημεία της καρστικής μάζας αναπτύσσονται γραμμικά στο ίδιο περίπου υψόμετρο (σχ.5) (γραμμή άκτων ή έδαφών με τρεις προσχώσεις), οι πηγές εμφανίζονται σημειακά σε όρισμένες μόνο, λίγες ή περισσότερες, αλλά μεμονωμένες θέσεις. Οι ενδιάμεσες εκφορτίσεις είναι άδιόρατες και περιορισμένων παροχών. Η καρστική κατάσταση που αντιστοιχεί είναι η ύπαρξη συγκεκριμένων, βασικών, μεγάλων καρστικών άγωγων κύριας υπόγειας αποστραγγίσεως που συνοδεύονται από δορυφόρο δίκτυο στενών μικρών άγωγων και ρωγμών (σχ.6). Οι άξονες αυτοί αναπτύσσονται σε κατακόρυφη έννοια χωρίς σημαντική πλευρική ανάπτυξη και συνεπώς άτελη υπόγεια πλευρική διασύνδεση μεταξύ τους, με αποτέλεσμα η περατότητα των άσβεστολιθών έξω από τους άξονες αυτούς να είναι αίσθητά περιορισμένη ή ένδιάμεση αποστράγγιση βραδεία και η στάθμη του υπόγειου νερού υπερυψωμένη με μεγάλες, για κάρστ, υδραυλικές κλίσεις. Έτσι μπορεί να εξηγηθεί η αποτυχία ή η με μικρές παροχές απόδοση, υδρογεωτρήσεων που έχουν γίνει σε περιοχές ανάμεσα από έξόδους σημειακών καρστικών πηγών.



Οι βασικοί άξονες άποστραγγίσεως είναι δυνατό νά άντιστοιχοϋν σέ έντυπωσιακούς σπηλαιώδεις όχετούς, πολλές φορές έπισκέψιμους-π.χ. όχετός πηγής Μαρά Δράμας έπισκέψιμος άρκετές έκατοντάδες μέτρα άνάντη τοϋ σημείου έξόδου τοϋ (πηγής). Η ύπόγεια ροή μέσα στους άξονες αύτούς είναι τυρβώδης μέ πολύ μεγάλες ταχύτητες όπως π.χ. μερικά χιλιόμετρα τήν ήμέρα. Συχνά ύπάρχει μονοσήμαντη σύνδεση τους μέ καταβόθρες τών ύψηλών περιοχών τροφοδοσίας τών άσβεστολιθικών μαζών τους (Μαρά-Νευροκόπι, πηγές Άργολικού κόλπου-ύψίπεδο Τρίπολης). Τό υδραυλικό καθεστώς τής ζώνης τών μικρότερων άγωγών και ρωγμών πού άποστραγγίζει ο βασικός καρστικός όχετός έχει ροή τυρβώδη, μεταβατική ή γραμμική, άνάλογα μέ τά μεγέθη τών διατομών, και παρομοιάζεται μέ τό συνηθισμένο καθεστώς τής ύπόγειας ροής σέ ρωγματωμένα ή πορώδη μέσα.

Τό μοντέλλο αύτό άκολουθοϋν ή προσεγγίζουν οι περισσότερες μεγάλες άνθρακικές μάζες τής Κεντρικής και Άνατολικής Έλλάδας: Παρνασσός-Γκιώνα-Άν. Πελοπόννησος, Ύμητός, τμήματα Όρθρυος, ΟΪτη, Φαλακρό κ.ά. Η καρστική



Σχ. 6. ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΚΑΡΣΤΙΚΟΥ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΥ ΑΠΟ ΚΑΠΟΙΟ ΤΥΠΙΚΟ ΑΓΩΓΟ ΤΟΥ ΚΑΡΣΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

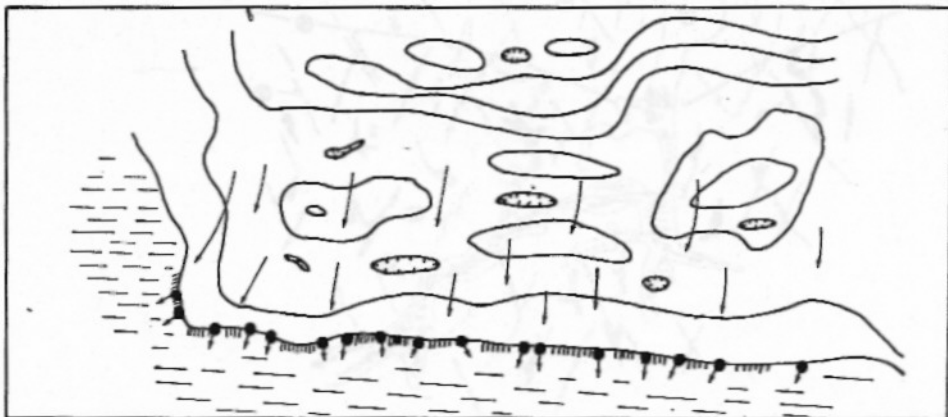
- 1: κύριος καρστικός άγωγός, 2: καρστικοί άγωγοί μικρών άνοιγμάτων,
 3: διακλάσεις (ρωγμές) κορεσμένες (κλειστές-μικρή περατότητα),
 4: διακλάσεις στην άκορεστή ζώνη, 5: στάθμη καρστικής ύδροφορίας
 Τομή κατακόρυφη. Διαστάσεις διατομών κύριου άγωγού: cm ως m.

μάζα του Βέρμιου καί άλλων μεγάλων καρστικών μονάδων της 'Αν.Μακεδονίας πρέπει επίσης νά προσεγγίξει σ'αυτό τό μοντέλλο-οί πηγές είναι μεμονομένες τίς περισσότερες φορές, αλλά οί θέσεις έκδηλώσεως τους δέν αντιστοιχοῦν σέ γραμμικά, άναπτυγμένα, χαμηλά σημεῖα φραγμοῦ (πηγές 'Αγ.Νικολάου Νάουσας, Νεράϊδας κ.ά.), ὥστε νά βγεῖ μέ βεβαιότητα ἡ μορφή τοῦ μοντέλλου αὐτοῦ.

1.2.2.Μοντέλλο ΙΙβ.Μέτωπο πηγῶν

Στήν περίπτωση αὐτή, κατά μήκος μεγάλων τμημάτων τῆς γραμμικῆς ανάπτυξης τῶν χαμηλῶν σημείων τῆς άσβεστολιθικῆς μάζας έμφανίζονται πηγές, ἡ μία άμέσως μετά τήν άλλη, μέ διακεκριμένες έξόδους σ' ὄρισμένα σημεῖα καί διάχυτες σέ πολλά άλλα. 'Η επί μέρους παροχές, ανάλογα πάντοτε καί μέ τό μέγεθος τῶν άσβεστολιθικῶν μαζῶν πού τίς τροφοδοτεῖ, δέν είναι ὕψηλές αλλά

στό σύνολο ή τελική παροχή του μετώπου εξόδου των υπόγειων νερών μπορεί να είναι πολύ μεγάλη (σχ.7).



Σχ. 7. ΜΕΤΩΠΟ ΠΗΓΩΝ ΣΕ ΧΑΜΗΛΑ ΥΨΟΜΕΤΡΑ - Μοντέλλο ΙΙβ

*Απουσία έκλεκτικῶν ἀξόνων ὑπόγειας ἀποστραγγίσεως.

*Ὄμοιογένεια στήν καρστική ὑδροφορία. Βλέπε καί κείμενο. *Ὁριζοντιογραφία.

Στήν περίπτωση αὐτή τὸ ὑπόγειο καρστικό δίκτυο εἶναι πιά ἀναπτυγμένο ὡς πρὸς τὴ συνέχεια, τὴν πυκνότητα καί τὴ διασύνδεση τῶν ἀγωγῶν του, τόσο στήν κατακόρυφη ὥς καί τὴν ὀριζόντια ἔννοια. Οἱ ἀγωγοί λόγω τῆς καλύτερης διανομῆς τῆς ὑπόγειας ροῆς δέν πρέπει νά εἶναι τίς περισσότερες φορές μεγάλων διατομῶν, χωρὶς αὐτό νά εἶναι ὁμῶς ἀπόλυτο.

Σέ ἀντίθεση μέ τὸ προηγούμενο, στό ἐδῶ μοντέλλο ὑπάρχουν πολλοί ἀποστραγγίζοντες ἀγωγοί πού ἀποστραγγίζουν τὴν περιβάλλουσα μάζα μικρῶν ἀγωγῶν καί ρωγμῶν. *Ἡ μέση περατότητα τοῦ ἀσβεστόλιθου εἶναι συνεπῶς μεγαλύτερη καί ἡ καρστική ὑδροφορία ἀπικτᾶ κάποια ἔννοια ὑδροφόρου ὀρίζοντα μέ σχετική ὁμοιογένεια. *Ἡ ὑδραυλική του κλίση εἶναι μικρή-μερικά ‰ -καί ἡ ἔκροή τοῦ ὑπόγειου νεροῦ πιά κανονική χωρὶς πολὺ μεγάλες διαφορές στίς παροχές μεταξύ τῆς ὑγρῆς καί τῆς ξερῆς περιόδου τοῦ ἔτους.

Ἡ κατάσταση αὐτή παρατηρεῖται συνήθως σέ ὄχι πολύ μεγάλες ἀσβεστολιθικές μορφολογικές ἐνότητες καί μπορούμε νά τήν ἀποδώσουμε εἴτε στήν εὐκολή ὑπόγεια διάβρωση τοῦ πετρώματος εἴτε σέ ἐμμονή καί στήν παραμονή τοῦ ἐπιπέδου ἐκφορτίσεως (ἐπίπεδο βάσης) στήν ἴδια θέση κατά τή διάρκεια τῆς παλαιογεωγραφικῆς ἐξελίξεως τῆς περιοχῆς. Μάζες πού ἀποστραγγίζονται μέ τόν τρόπο αὐτό ἀναπτύσσονται κυρίως στή Ἀυτική Ἑλλάδα, Κέρκυρα, Ἀυτική Πελοπόννησο (κυρίως τριαδικά, ἀσβεστολιθικά, λατυποπαγή καί ἄλλοι ἀσβεστόλιθοι τῆς Ἰόνιας Ζώνης κ.λ.π.: Πηγές Λάμπρας Λεσινίου, ἀνατολικές ἀκτές Κέρκυρας, Παντοκράτωρ Κέρκυρας, Κρύας κ.λ.π. Μιτσικέλι κ.ἄ.).

Ὁ ρυθμός ἐκκενώσεως τοῦ καρστικοῦ δικτύου παρ' ὅλες τίς διαφορές πού παρουσιάζει στά δύο τελευταῖα μοντέλλα, ἐξαρτᾶται καί ἀπό τίς λεπτομέρειες τῆς γεωμετρίας τοῦ καρστικοῦ δικτύου. Εἰδικότερα τά στενώματα τῶν ὑπογείων ὀχετῶν αὐξάνουν τήν ἱκανότητα ρυθμισμένης ἐκκενώσεως τῆς καρστικῆς ἀποθήκης καί ὑπερυψώνουν τοπικά τήν καρστική στάθμη ὑψηλότερα ἀπ' ὅτι δικαιολογεῖ ἡ περατότητα τοῦ πετρώματος. Μέσα στήν ἴδια καρστική περιοχή, ὅπως ἐκεῖνη τῆς νότιας πλευρᾶς τοῦ Ἀργολικοῦ κόλπου εἶναι δυνατό τό καρστικό δίκτυο (τοῦ μοντέλλου ΙΙα) νά ἔχει διάφορους ἀποχετευτικούς ρυθμούς. Π.χ. ἡ πηγὴ Κεφαλαρίου ἀποκρίνεται πιά ἀμεσα στίς βροχοπτώσεις καί τό ὑδρόγραμμα τῆς πηγῆς εἰσφέρει γρήγορη ἐκκένωση τῆς μεγαλύτερης ποσότητος τοῦ νεροῦ πού κατεισθύει. Οἱ ἀκραῖες μεταβολές τῶν παροχῶν ἔχουν μεγάλη διαφορά καί δέν εἶναι λίγες οἱ φορές πού ἡ πηγὴ φτάνει νά στερεῦει πρακτικά κάποια στιγμή τῆς ξερῆς περιόδου τοῦ ἔτους. (παροχές καί μεγαλύτερες τῶν $6\text{m}^3/\text{s}$ μέχρι καί μηδενικές). Ἀντίθετα οἱ γειτονικές πηγές τῆς Λέρνης καί Κρόης ἔχουν μία πιά ρυθμισμένη λειτουργία μέ ἀκραῖες παροχές μεταξύ $500\text{m}^3/\text{h}$ ὡς $1-2\text{m}^3/\text{s}$. Ἡ πηγὴ τοῦ Ἀγ. Γεωργίου Κιβερίου ὅπως δείχνουν μετρήσεις τοῦ φυσικοῦ τριτίου πού ἔγιναν παλαιότερα (Lienègue et Parakis, 1969) ἐμφανίζει καί παλαιότερα νερά στή διάρκεια τῆς λειτουργίας της κατά τήν ξερὴ περίοδο τοῦ ἔτους. Προφανῶς πρόκειται γιά ἀποστράγγιση νερῶν τοῦ μικρῆς περατότητας ἀσβεστόλιθου πού περιβάλλει τόν κύριο καρστικό ἀξονα, σύμφωνα μέ τό μοντέλλο ΙΙα.

Τέλος εἶναι φανερό ὅτι ἡ ἀναρύθμιση, μέσω γεωτρήσεων, τῆς λειτουργίας τῶν πηγῶν πού ἐπιτρέπει ἐντατικώτερη ἐκμετάλλευσή τους τό καλοκαίρι (ἀξιόποιήση χειμερινῶν πλεονασμάτων) γίνεται ἀσφαλέστερα καί οἰκονομικώτερα στίς περιπτώσεις ἀναρύθμισεως τῆς λειτουργίας πηγῶν τοῦ μοντέλλου ΙΙβ.

2.Η ΚΑΡΣΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΜΕΓΑΛΩΝ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΩΝ ΜΑΖΩΝ

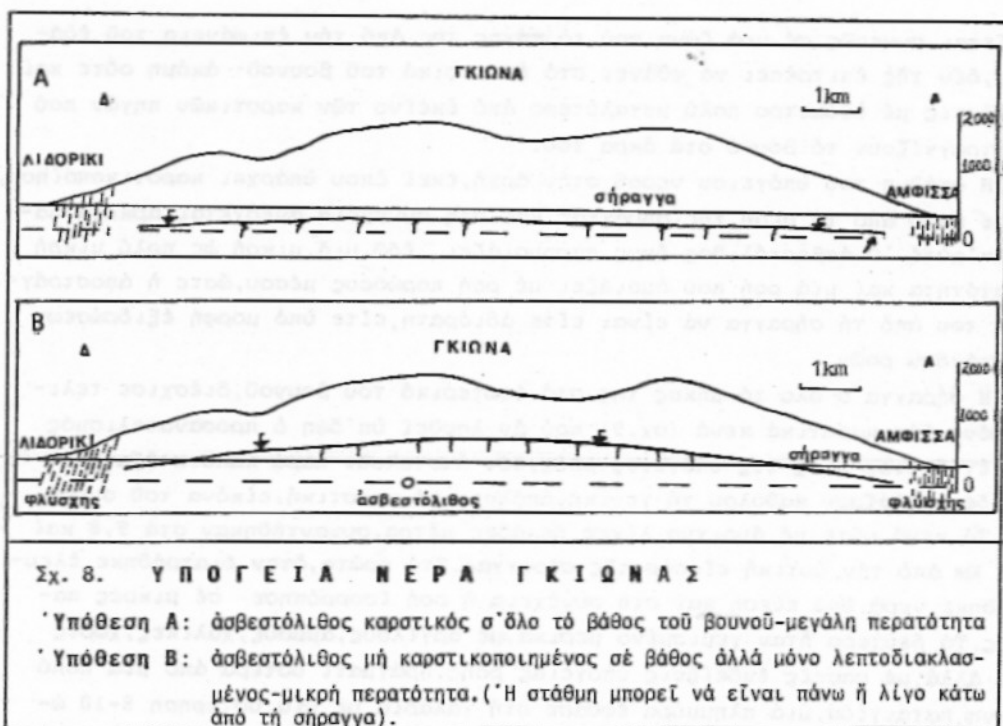
Μεγάλες συνεχείς ασβεστολιθικές μάζες παρουσιάζονται κυρίως στην Κεντρική Ελλάδα και την Πελοπόννησο, χωρίς φυσικά να λείπουν και από άλλες ζώνες του Ελληνικού χώρου. Οι μάζες αυτές που μπορεί να συγκροτούν μια πλήρη όρεινη ενότητα, αποστραγγίζονται υπόγεια σύμφωνα με το δεύτερο μοντέλλο και κατά προτίμηση με το ΙΙα. Ένα έρωτημα όμως που προκύπτει είναι πια άκριβώς καιιάσταση επικρατεί στο εσωτερικό αυτών των καρστικών βουνών σε μεγάλα βάθη και μακριά από τις περιοχές που έκδηλώνονται οι πηγές.

Το έρωτημα αυτό τέθηκε όταν έκτελεζτο η κατασκευή της μεγάλης σήραγγας της Γκιώνας του ύδαταγωγού Μόρνου-Αθηνών, αφού άφορούσε άμεσα τά προβλήματα κατασκευής και λειτουργίας της. Η σήραγγα διασχίζει σήμερα τό βουνό αυτό με μήκος 14,6 Km (διευθύνσεως περίπου Α-Δ, παράλληλης με τίς άκτές), σε ύψόμετρο 377, κάτω από κάλυψη 1500m και με τά κεντρικά της τμήματα 14-20 χιλιόμετρα μακριά από τίς άκτές του Κορινθιακού, όπου η Γκιώνα άποστραγγίζει τό μέγιστο μέρος των υπόγειων νερών της σε μορφές που άντιστοιχοϋν στο μοντέλλο ΙΙα.

Στήν άρχή η έντονη καρστική κατάσταση της επιφάνειας του βουνού και η άποστράγγιση προς τά χαμηλά σημεΐα των άκτών οδηγούσε στην υπόθεση ότι η σήραγγα θά περνούσε μέσα από ένα καρστικό άσβεστόλιθο πάνω, όμως, λίγο η πολύ από την καρστική στάθμη (σχ.8α) θά εύρίσκετο δηλαδή μέσα στη ζώνη μεταβιβάσεως των υπόγειων νερών (σοβαροί κίνδυνοι από άίφνιδιες είσορές στις πλημμύρες, αλλά όχι μόνιμα υπόγεια νερά). Η στάθμη αυτή θά ήταν τόσο πιο χαμηλά σε περίπτωση που ύπήρχαν προσεγγίσεις στο μοντέλλο ΙΙβ.

Άντίθετα, όρισμένες φορές, στην τυπική περίπτωση άναπτύξεως του τύπου ΙΙα, η στάθμη θά μπορούσε να εφθανε στη σήραγγα η και λίγο πιο πάνω άπ'αυτή, στα τμήματα της άσβεστολιθικής μάζας που έχουν άπλως ρωγμές και λεπτούς μόνο καρστικούς άγωγούς (τμήματα μεταξύ των κυρίων καρστικών δικτύων).

Όμως κάποιες περιορισμένες σ'άριθμό έρευνητικές γεωτρήσεις που έγιναν έδωσαν ένδειξεις ότι, στο βάθος, ο άσβεστόλιθος δέν είναι καρστικοποιημένος αλλά μόνο άπλά ρωγματωμένος. Σε μία τέτοια περίπτωση η στάθμη του υπόγειου ύδροφόρου όρίζοντα θά ήταν δυνατό να άναπτύσσετο πολύ πιο πάνω από τό επίπεδο της σήραγγας (πολλές δεκάδες η και πολύ πιο πάνω από 100m- (μόνιμη άποστράγγιση από τή σήραγγα αλλά με μικρές παροχές) (σχ.8β).



Στήν πραγματικότητα ἡ κατάσταση πού παρουσιάζεται μέσα καί βαθιά στό βουνό εἶναι πιό σύνθετη καί συνδυάζει σ'ένα βαθμό τίς δύο αὐτές περιπτώσεις, ὅπως προκύπτει τελικά ἀπό τίς παρατηρήσεις καί μελέτη τῶν φαινομένων στή διάρκεια κατασκευῆς τῆς σήραγγας (MARINOS 1978);.

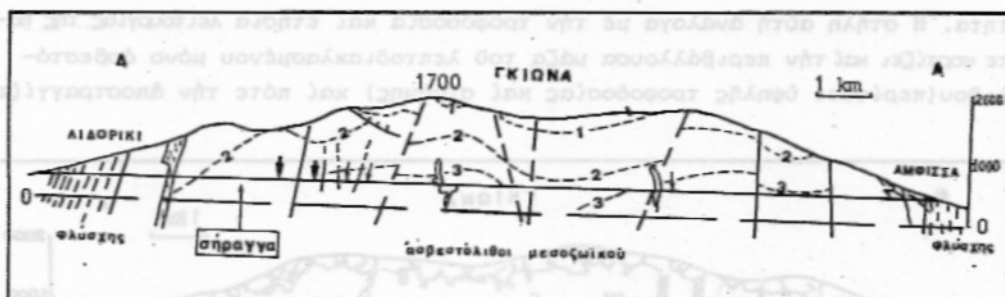
Μετά ἀπό τά ἀκραία τμήματα τῆς σήραγγας καί τόν ἐκεῖ φλύσχη, ὁ ασβεστόλιθος παρουσιάζεται σέ καρστικοποιημένη κατάσταση μέ μικρούς ἢ καί μεγαλύτερους ἀγωγούς, ὄχι ὅμως γιά μεγάλο διάστημα (σχ.9). Μόλις ἀπομακρυνθεῖ ἡ σήραγγα ἀπό τήν ἐπιφάνεια πρὸς τό ἐσωτερικό τοῦ βουνοῦ καί μεγαλώσει τό κάλυμμά της ὁ ασβεστόλιθος ἐμφανίζεται μέ ἀπολύτως καμμιά καρστικότητα. Ἡ μάζα του διατρέχεται ἀπό ἕνα δίκτυο λεπτῶν ρωγμῶν πού δέν ἐμφανίζουν οὔτε τήν ἐλάχιστη καρστική διεύρυνση. Ἡ καρστικοποιημένη μάζα περι-

ορίζεται συνεπώς σε μία ζώνη πού τό πάχος της, από τήν επιφάνεια του έδά-
φους, δέν τής έπιτρέπει νά φθάνει στό έσωτερικό του βουνού: άκόμη ούτε καί
σε θέσεις μέ ύψόμετρο πολύ μεγαλύτερο από εκείνο τών καρστικών πηγών πού
άποστραγγίζουν τό βουνό στά άκρα του.

Ή στάθμη του ύπόγειου νερού στην άρχή, εκεί όπου ύπάρχει καρστικοποίηση,
είναι κάτω από τή θέση τής σήραγγας καί στή συνέχεια άνέρχεται άρκετά πά-
νω άπ'αυτή. Ο άσβεστόλιθος όμως παρουσιάζει έδω μία μικρή ως πολύ μικρή
περατότητα καί μία ροή πού όμοιάζει μέ ροή πορώδους μέσου, ώστε ή άποστράγ-
γιση του από τή σήραγγα νά είναι είτε άδιόρατη, είτε υπό μορφή έξειδρώσεων
ή στάγδην ροών.

Ή σήραγγα σ'όλο τό μήκος της στό έσωτερικό του βουνού, διέσχισε τελι-
κά μόνο δύο καρστικά κενά (σχ.9) πού άν ληφθεί ύπ'όψη ό προσανατολισμός
της, έγκάρσιος προς τίς ύπόγειες ροές, δέν άποτελοϋν παρά κάποια έξάιρεση
καί δέν αλλάζουν καθόλου τή γενική, άπόλυτα μή καρστική, εικόνα του συνό-
λου. Τά κενά αυτά, μέ άνοιγμα λίγες δεκάδες μέτρα, συναντήθηκαν στα 9,8 καί
6,5 Km από τήν δυτική είσοδο τής σήραγγας. Στο πρώτο, όταν διατηρήθηκε, έλευ-
θερώθηκε νερό υπό πίεση καί στή συνέχεια ή ροή ίσορρόπησε σε μικρές πα-
ροχές. Το δεύτερο ήταν γεμισμένο μερικά, μέ άργίλους, άμμους, χάλικες, χωρίς
νερά αλλά μέ σαφείς ένδείξεις ύπόγειας ροής. Πράγματι ύστερα από μία πολύ
έντονη καταιγίδα, μία πλημμύρα έφθασε στή γαλαρία μέ μία ύστέρηση 8-10 ώ-
ρων. Τά νερά έξαντλήθηκαν προοδευτικά μέσα σε μία έβδομάδα περίπου. Ο ένερ-
γός ύδρογεωλογικός τους ρόλος-ρόλος ζώνης μεταβιβάσεως τών νερών προς ύ-
ποκείμενη ζώνη κορεσμού-φάνηκε καί άλλη φορά, όταν άρνήθηκε κάποια στιγμή
νά δεχθεί τά νερά πού άποχέτευε εκεί μέχρι τότε ή σήραγγα. Ήταν στην πε-
ρίπτωση μιās χρονιάς (1978) μέ ύψηλές βροχοπτώσεις πού είχε ύπερυψώσει φαί-
νεται τήν ύποκείμενη στάθμη σε σημεία κοντά ή καί πάνω από τό επίπεδο τής
σήραγγας.

Τό καρστικό αυτό κενό άποτελεί δηλαδή ένα άξονα στραγγίσεως, σύμφωνα
μέ τό μοντέλλο ΙΙα, πού κατεβάζει σημαν- τικά τήν ύψηλή στάθμη του ύδροφό-
ρου όρίζοντα τής μάζας πού τον περιβάλλει. Ή διαφορά έδω όμως είναι ότι
στό έσωτερικό του βουνού ή παρουσία τέτοιων άξόνων είναι σπανιωτάτη καί
ή περιβάλλουσα μάζα είναι, στην ουσία, ή αποκλειστικά έπικρατούσα, χωρίς καμ-
μία καρστικοποίηση, έστω καί σε επίπεδο λεπ-ών άγωγών.



Σχ. 9. ΤΟΜΗ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΓΚΙΩΝΑΣ

---2--- στρωματογραφικές ασυμφωνίες μεταξύ άσβεστολίθων

καρστικό κενό στη σήραγγα (χωρίς κλίμακα)

↘/↙ αφίξεις νερού, λίγες-σημαντικές (έξαιρούνται οι εξιδρώσεις και οι στάγδην ροές).

(Γεωλογία ένδεικτική από μία τομή του Α.Γαλέου)

Η εικόνα του έσωτερικού του βουνού ολοκληρώνεται και με την παρουσία ρηγμάτων, περίπου κατακόρυφων χωρίς ή με μυλονιτιωμένη ή κερατισμένη ζώνη, που όμως δεν έμφάνισαν καρστικές μορφές και κενά κατά μήκος των ασυμφωνιών τους. Λίγα από τα ρήγματα αυτά παρουσιάστηκαν με προβλήματα νερού, ιδιαίτερα σε τμήματα μεταξύ 9,3 και 10 Km από την πλευρά της Αμφίσσας (σχ.9). Συνολικά πάνω από $1,500\text{m}^3/\text{h}$ νερού έμπαιγαν στη σήραγγα, από τα όποια τα $400\text{m}^3/\text{h}$ περίπου τα έδινε ένα μόνο ρήγμα και η μυλονιτιωμένη, χαλαρή ζώνη του (πάχος λίγα μέτρα). Ο μεταξύ των υδροφόρων ρηγμάτων λεπτοδιακλασμένος άσβεστόλθος ήταν πάντα πολύ μικρής περατότητας με άποστραγγιση, μέσα στη σήραγγα υπό μορφή εξιδρώσεων ή στάγδην ροών.

Τά υδροφόρα ρήγματα αυτής της μορφής αύξάνουν την υπόγεια υδραυλική έτερογένεια στο έσωτερικό του βουνού. Τά ρήγματα αυτά τροφοδοτούνται από τά καρστικά και μεγάλης περατότητας τμήματα της έπιφάνειας του βουνού. Δημιουργείται μία στήλη νερού που ανάλογα με τή γεωμετρία των ρηγμάτων και τή διοχετευτική ικανότητα τόσο αυτών των [διων, όσο και των καρστικών όχετων που ξανασυναντούν σε χαμηλά ύψόμετρα στα άκρα του βουνού, μπορεί να

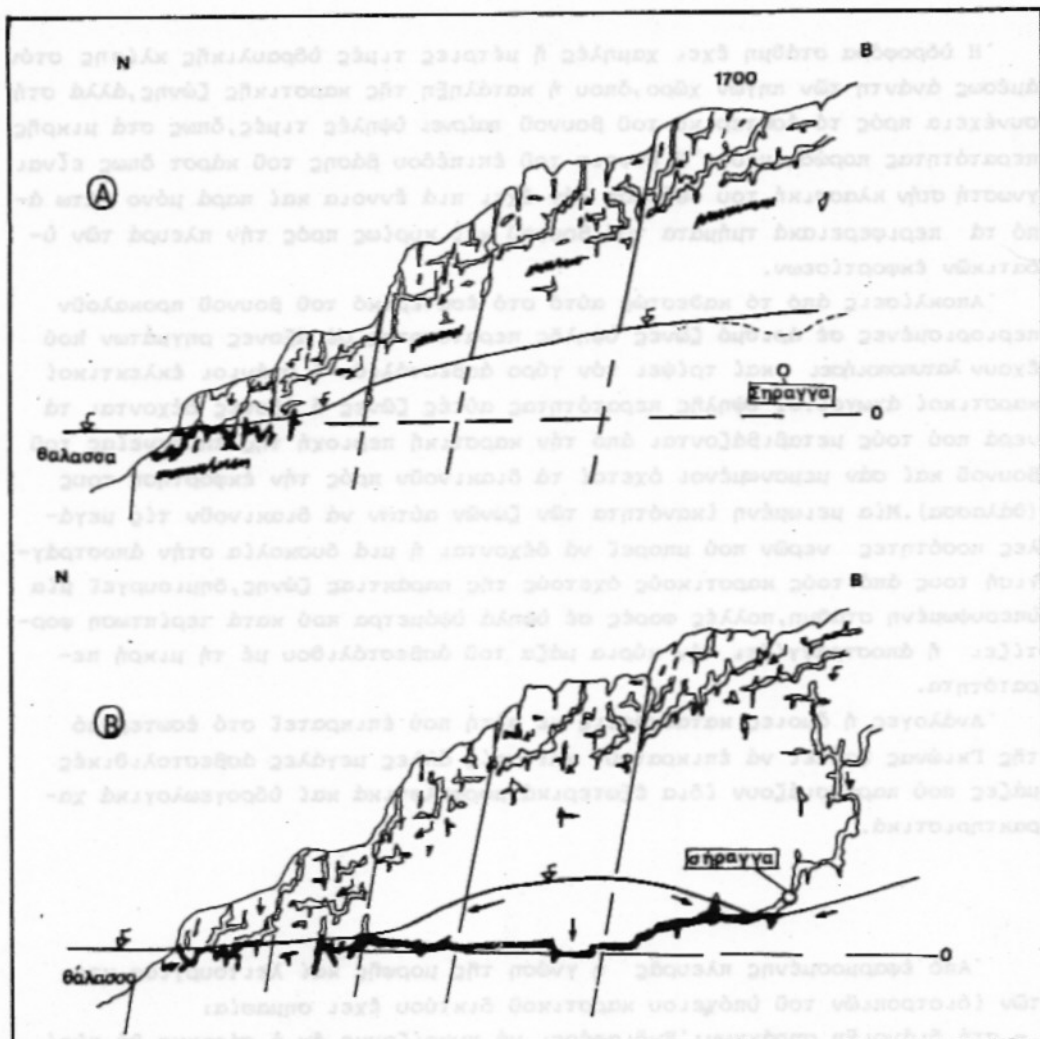
διατηρεί μία σημαντική υπερυψωμένη στάθμη πάρ' όλη τήν ύψηλή έδω περατότητα. Ή στήλη αύτή ανάλογα μέ τήν τροφοδοσία καί έτήσια λειτουργίας της πότε φορτίζει καί τήν περιβάλλουσα μάζα του λεπτοδιακλασμένου μόνο άσβεστόλιθου (περίοδοι ύψηλης τροφοδοσίας καί στάθμης) καί πότε τήν άποστραγγίζει.



Συγκετρώνοντας όλες αυτές τις παρατηρήσεις ή καρστική καί υδρογεωλογική κατάσταση στό έσωτερικό του βουνού παρουσιάζεται ως έξης. (σχ. 10, 11).

Τό άσβεστολιθικό βουνό στό έσωτερικό του δέν έμφανίζεται καθόλου καρστικοποιημένο. Ή καρστικοποίηση φαίνεται ότι σταματά σέ βάθος λίγων εκατοντάδων μέτρων καί δημιουργεί μία καρστική ζώνη πού προχωρά κλιμακωτά, παράλληλα μέ τήν έπιφάνεια του βουνού. Ή παλαιογεωγραφική εξέλιξη της περιοχής μέ τις κλιμακωτές έπιφάνειες διαβρώσεων καί έπιπεδώσεων καί τις μεταβολές της σχετικής στάθμης της θάλασσας, βοηθούν σέ μία τέτοια υπόγεια καρστική γεωμετρία.

Κάτω άπό τήν καρστική ζώνη ό άσβεστόλιθος δέν είναι καθόλου καρστικοποιημένος αλλά διατρέχεται άπό ένα δίκτυο λεπτών κλειστών διακλάσεων μέ πολύ μικρή περατότητα.



Σχ.11. ΥΠΟΓΕΙΟ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΓΚΙΩΝΑΣ-ΕΓΚΑΡΣΙΕΣ ΤΟΜΕΣ

A : Γενική κατάσταση, Β: Περίπτωση ανάπτυξεως έκλεκτικού καρστικού άγωγού βάθους



: θέση επιπέδου βάσεως του κυρίως κάρστ



: ύδροφόρος οριζοντίας-καρστικός /λεπτών ρωγμών



: φορά κύριας κυκλοφορίας στη ζώνη μεταβίβασης του κάρστ

Βλέπε καί σχ.10.Κλίμακες ένδεικτικές.Καρστικές μορφές σχηματικές

Ἡ ὑδροφόρα στάθμη ἔχει χαμηλές ἢ μέτριες τιμές ὑδραυλικῆς κλίσης στόν ἀμέσως ἀνάντη τῶν πηγῶν χώρο, ὅπου ἡ κατάληξη τῆς καρστικῆς ζώνης, ἀλλά στή συνέχεια πρὸς τὸ ἐσωτερικὸ τοῦ βουνοῦ παίρνει ὑψηλές τιμές, ὅπως στὰ μικρῆς περατότητας πορώδη μέσα. Ἡ ἔννοια τοῦ ἐπιπέδου βάσης τοῦ κάρστ ὅπως εἶναι γνωστὴ στὴν κλασσικὴ του θεώρηση δὲν ἔχει πιά ἔννοια καί παρὰ μόνο κάτω ἀπὸ τὰ περιφερειακὰ τμήματα τοῦ βουνοῦ καί κυρίως πρὸς τὴν πλευρὰ τῶν ὑδατικῶν ἐκφορτίσεων.

Ἀποκλίσεις ἀπὸ τὸ καθεστῶς αὐτὸ στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ βουνοῦ προκαλοῦν περιορισμένες σέ ἀριθμὸ ζῶνες ὑψηλῆς περατότητας σέ ἀξονες ρηγμάτων πού ἔχουν λατυποποιήσει καί τρίψει τὸν γύρο ἀσβεστόλιθο ἢ σπάνιοι ἐκλεκτικοί καρστικοί ἀγωγοί. Οἱ ὑψηλῆς περατότητας αὐτές ζῶνες ἢ ἀξονες δέχονται τὰ νερά πού τοὺς μεταβιβάζονται ἀπὸ τὴν καρστικὴ περιοχὴ τῆς ἐπιφανείας τοῦ βουνοῦ καί σὰν μεμονωμένοι ὄχετοὶ τὰ διακινοῦν πρὸς τὴν ἐκφόρτισή τους (θάλασσα). Μία μειωμένη ἱκανότητα τῶν ζωνῶν αὐτῶν νὰ διακινοῦν τίς μεγάλες ποσότητες νερῶν πού μπορεῖ νὰ δέχονται ἢ μιὰ δυσκολία στὴν ἀποστράγγισή τους ἀπὸ τοὺς καρστικούς ὄχετοὺς τῆς παράκτιας ζώνης, δημιουργεῖ μία ὑπερψωμένη στάθμη, πολλές φορές σέ ὑψηλά ὑψόμετρα πού κατὰ περίπτωσιν φορτίζει ἢ ἀποστραγγίζει τὴν κύρια μάζα τοῦ ἀσβεστόλιθου μὲ τὴ μικρὴ περατότητα.

Ἀνάλογες ἢ ὅμοιες καταστάσεις μὲ αὐτὴ πού ἐπικρατεῖ στὸ ἐσωτερικὸ τῆς Γκιώνας πρέπει νὰ ἐπικρατοῦν καί στίς ἄλλες μεγάλες ἀσβεστολιθικές μάζες πού παρουσιάζουν ἴδια ἐξωτερικὰ μορφολογικά καί ὑδρογεωλογικά χαρακτηριστικά.

Ἀπὸ ἐφαρμοσμένης πλευρᾶς ἡ γνώση τῆς μορφῆς καί λειτουργίας καί τῶν ἰδιοτροπιῶν τοῦ ὑπόγειου καρστικοῦ δικτύου ἔχει σημασία:

- στή διάνοιξη σπηραγγῶν: Ἐνδιαφέρει νὰ γνωρίζουμε ἂν ἡ σπηραγγα θὰ εὐρίσκειται σέ ζώνη καρστικῆς μεταβιβάσεως, ζώνη καρστικοῦ κορεσμοῦ, ἢ ζώνη μὴ καρστικοῦ λεπτοδιακλασμένου ὑδροφόρου ἀσβεστόλιθου. Κάθε φορά θὰ εἶναι ἀνάλογα καί τὰ προβλήματα. Στὴν πρώτη περίπτωση ἡ σπηραγγα θὰ εἶναι στεγνὴ μὲ κίνδυνο αἰφνίδιων ἐξορῶν, στὴ δευτέρη θὰ ὑπάρχει μόνιμη στράγγιση ὑψηλῶν παροχῶν, στὴν τρίτη γενικὰ μόνιμη ἀποστράγγιση πολὺ μικρῶν ἢ ἀσήμαντων παροχῶν.

- στή στεγανοποίηση υδραυλικών σπράγγων:ή ανάγκη σοβαρής ή όχι στεγανοποίησης του χώρου γύρω από την επένδυση της σήραγγας όταν αυτή λειτουργεί υπό πίεση εξαρτάται από την περατότητα και το φυσικό υδραυλικό φορτίο του άσβεστόλιθου γύρω απ'αυτήν.
- στήν έκμετάλλευση τών υπόγειων νερών με γεωτρήσεις σε περιοχές απομακρυσμένες από τα σημεία έκφορτίσεως,στήν επιφάνεια,του υπόγειου νερού.
- στή διάθεση λυμάτων:π.χ. σε καταβόθρες που εμφανίζονται στην επιφάνεια της καρστικής μάζας και όπου είναι δυνατή μία καθόλου,μικρή ή μεγάλη διασπορά της μόλυνσεως στό σύνολο του καρστικού υδροφορέα.

R E S U M E

Des differents modèles de karstification sont décrits, comme ceux-ci se reflètent par la disposition et le fonctionnement des exutoires: dispersion des sources, sources perchées, grosses sources ponctuelles, front des sources, régime des débits. L'attention est concentrée sur des grands massifs du type holokarstique. De tels massifs, fréquents en Grèce, peuvent avoir un développement de plus 400 Km² d'étendue et de 2000 m d'hauteur, constitués des séries calcaires du Secondaire et sans interruption de leur continuité lithologique.

L'étude est basée sur l'examen du régime des sources aux périphéries des massifs et l'évolution paléogéographique de ces derniers; directement, aussi, sur les observations faites dans des tunnels qui ont traversé certains d'eux. Les résultats sont que ces massifs, très karstiques en surface et dans leurs parties supérieures, se présentent rapidement, à leur intérieur et bien au dessus des niveaux des décharges absolument pas karstifiés et occasionnellement, seulement, se développent, là, des axes, bien reistreintes, avec de phénomènes karstiques. Le niveau de base du karst, dans sa notion classique, n'a plus donc de sens que seulement dans les parties périphériques des massifs.

Ils en résultent des conditions variables et totalement différentes, sur le régime des eaux souterraines à l'intérieur des montagnes. Dans le modèle général il semble se développer une charge hydraulique bien élevée dans la masse persistante, finement fissurée et de faible perméabilité assimilée à un milieu poreux, avec quelques axes des grandes perméabilités où la charge d'eau varie suivant leurs capacité d'ingestion et d'évacuation vers les sources périphériques.

L'importance appliquée de cette situation est illustrée: (a) par les problèmes posés dans le percement des tunnels: - drainage général perme-

nant faible, localement venues d'eau importantes soit en régime permanent soit de transfert, dans la même galerie. (b) par les conditions d'étanchéité au fonctionnement des galeries en charge: charge naturelle extérieure des eaux souterraines sur la galerie; (c) par l'exploitation des eaux souterraines par sondages à des endroits proches ou éloignés des zones des décharges karstiques; (d) par les problèmes de disposition des déchets et eaux usées dans des katavothres situées sur des plateaux élevés et la dispersion ou non de la pollution ainsi provoquée dans l'aquifère karstique.

B I B Λ I Ο Γ Ρ Α Φ Ι Α

- ARCHAMBAULT, J., BOURGUET, L., VAILLEUX, Y., 1971. - Les lois de l'hydraulique des milieux poreux sont-elles applicables aux aquifères calcaires karstifiés? Annales Sci. Univ. Besançon. Fasc 3, 15:255-264
- ARONIS, G. 1961. - A special case of karst hydrology. Memoires A.I.H., Rome IV, 61-64.
- BARBIER, R., BOUVARD, M., 1974. - Rapport sur les conditions hydrogéologiques et hydrauliques du massif de Gkiona en fonction de la mise en charge de la galerie GERSAR, Le Tholonet.
- BREZNIK, M. 1973. - The origin of brakish springs and their development. Geologika Razprave in proclã, 16 Knjiga, 83-186, Ljubjana.
- BURDON, D., 1965. - Hydrogeology of some karstic areas of Greece. Colloque Hydrologie des Roches Fissurées, 1, 108-317. UNESCO, Dubrovnik
- BURDON, D., PAPAKIS, N. 1963. - The karst groundwater ressources of Parnassos-Ghiona FAO. and I.G.S.R. Athens.
- FAO, 1964. - Karst groundwater investigation Greece. FAO, S.E.:2/GRE.
- LEVEQVE, P., PAPAKIS, N., 1969. - Etude de l'activité en tritium de quelques résurgences karstiques en Grèce méridionale. C.R.A.S., 268, 1023, 1025, Paris.
- *ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ. 1980. - Τό καρστικό σύστημα καί οί παράκτιες-υποθαλάσσιες καρστικές πηγές. II Πανελλήνιο Σεμινάριο Ύδρολογίας, 445-482. Αθήνα.
- ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ. 1980. - Τό παράκτιο καρστ. Οί παράγοντες διαμόρφωσής του καί οί δυνατότητες αξιοποίησης του. II Πανελλήνιο Σεμινάριο Ύδρολογίας 483-508. Αθήνα.

I.U.G.S.-I.A.H.1975.-Hydrogeology of karstic Terrains.

- *MARINOS,P.,1978a-Les conditions hydrogéologiques et la disposition des déchets municipaux dans un haut plateau karstique.Mémoire hors serie CHRGH.537-551,USTL Montpellier.
- *MARINOS,P.1978b.-Le régime des eaux souterraines dans un pays karstique et les galeries de la grande adduction d'eau d'Athènes in Water in Mining and Underground Works,SIAMOS,441-462,Granada.
- MONOPOLIS,D.1973.-Holokarst.Dinstinction en bassins hydrogéologiques. Bull B.R.G.M.,III,1,46-54.
- PAPAKIS,N.MASTORIS,K.1967.-Fluctuations saisonnières dans des réseaux aquifères karstiques.Mémoires AIH,Istanbul,VIII,450-454.
- SCHOELLER,H.1974.-Sur les conditions de circulation dans les calcaires; capacité d'ingestion,capacité d'infiltration.Memoires A.I.H., Montpellier,X,251-252.
- THEROND,R.,1973.-Recherche sur l'étanchéité des lacs de barrage en pays karstiques.Eyrolles ed.
- UNESCO-F.A.O.,1973.-Karst hydrogeology in eight mediterranean countries. 5C/WS/444,Paris.

* Υπάρχει αναλυτική βιβλιογραφία για συγκεκριμένες περιπτώσεις.