

Ε.Μ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΝ

Γεωργίου
Λαζ. Λαζαρίδης

ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ

ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

Εκ τῶν παραδόσεων τοῦ Καθηγητοῦ

Γ. ΚΑΡΑΚΑΞΕΣΩΝΗ

ΑΘΗΝΑΙ - 1953

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ι

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

Α. Γενικά στοιχεία μετεωρολογίας.

Τὸ κλίμα ἑνὸς τόπου ἀποτελοῦν αἱ ἐπὶ τι διάστημα μέσαι τιμαὶ τῶν μετεωρολογικῶν φαινομένων· θερμοκρασίας, ἀτμοσφαιρικής πίεσεως, ἀνέμων, ὑγρασίας, ἡλεκτρισμοῦ τῆς ἀτμοσφαίρας.

Ὁ καιρὸς μιᾶς περιοχῆς ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰς ἐπιχειρίσας τιμὰς τῶν αὐτῶν ὡς ἂν μετεωρολογικῶν δεδομένων, εἰς τὴν ὑπὸ ὄψιν περιοχὴν.

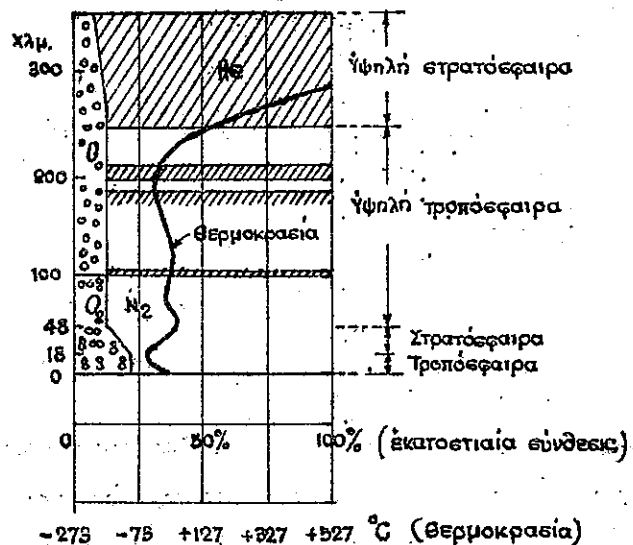
Αἱ τιμαὶ τῶν μετεωρολογικῶν στοιχείων ἔχουν ὡς ὁφέτηριαν τὴν ἀκτινοβολίαν τοῦ ἡλίου, πηγὴν πάσης ἐνεργείας ἐπὶ τῆς γῆς, αἱ δὲ μεταβολαὶ αὐτῶν ὀφείλονται εἰς τὴν σχετικὴν κίνησιν τῶν δύο ἀετέρων, εἰς τὴν μεσολαβοῦσαν ἀτμόσφαιραν ὡς καὶ εἰς τὴν ἀντιστοιχοῦσαν τῆς ἐπιφανειακῆς ὑφῆς τῆς γῆς (ἡπειροί, θάλασσαι, φυτεῖα).

Αἱ τὴν ὑδρολογίαν ἐνδιαφέρουσιν μετεωρολογικαὶ ἐναλλαγαὶ λαμβάνουσιν χώραν κυρίως ἐντὸς τῆς τροποσφαίρας ἐξικνουμένης εἰς ὕψος 18 περίπου χιλιομέτρων ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης...

Εἰς τὸ ἐκτὸν ὅριον δίδονται ἡ μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας καὶ τῆς εὐνοθείας τοῦ περιβάλλοντος τῆς γῆς εἰς ὕψος ἂν τῶν 300 χιλιομέτρων.

1. Ἡ δημιουργία τῶν ρευμάτων ἀέρος.

Αἱ πλεῖσται προσπάθειαι ἐρμηνείας τῆς γενικῆς μεταβολῆς



Σχ. 1.

Μεταβολή θερμοκρασίας και συνθέσεως του περιβάλλοντος της γης.

των μετεωρολογικών φαινομένων έχουν ως αφετηρίαν την υπόθεσιν ότι η γη είναι κατ' αρχήν ακίνητος, όποτε μία καθαρώς θερμική κυκλοφορία θα ελάμβανε χώραν προσκαμένη από την ήλιακή ενέργειαν. Ούτω εκ της όλης ήλιακής ακτινοβολίας είναι ποσοστόν περίπου 40% ανακλίνεται πάλιν εις

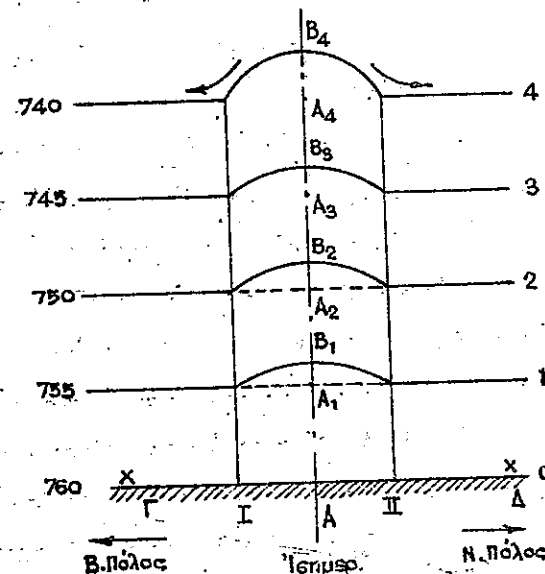
τό διάστημα είτε διά της άνω επιφανείας των νεφών ει-

τε δια διαχύσεως μέσω μορίων αερίων και κόψεως. Το υπόλοιπον απορροφάται υπό της επιφανείας της γης και της ατμοσφαιρας της. Η επί της επιφανείας της γης ακτινοβολία μεταβάλλεται εις θερμότητα και ακολουθως ακτινοβολεί εις τό διάστημα εκ νέου.

Εφ' όσον όμως η θερμοκρασία της γης είναι περίπου σταθερά έπεται ότι η έκπεμπομένη θερμική ενέργεια ισορροπείται υπό της προσπιτούσης ακτινοβολίας. Η εκ της γης αντινοβολία απορροφάται υπό των υδρατμών εις τα χαμηλότερα στρώματα της ατμοσφαιρας και έν τινι μέτρω υπό του όζοντος εις τα ανώτερα στρώματα.

Τοιουτοτρόπως ένω η ατμόσφαιρα εκπέμπει ενέργειαν προς τα άνω και τα κάτω, απορροφά έξ αντιθέτου ελάχιστην ενέργειαν εκ του έδάφους, και έπομένως η θερμοκρασία αυτής είναι χαμηλότερα της του έδάφους. Εκ παραλλήλου η θερ-

μοκρασία του έδάφους είναι ύψηλότερα λόγω της υπάρξεως της ατμοσφαιρας εφ' όσον μέρος της εκ του έδάφους ανταναικλωμένης θερμοκρασίας επιστρέφει εις αυτό εκ της ατμοσφαιρας. Τό αποτέλεσμα τουτο καλείται φαινόμενον του θερμοκηπίου (greenhouse effect)*.



Σχ. 2.

Διαφορετική θερμοκρασία εις τα διάφορα γεωγραφικά πλάτη.

ράν και ίσον προς 760 χιλ. Hg.

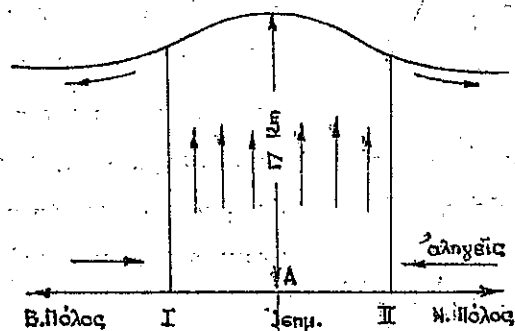
Η επίλη I, II λόγω της μεγαλύτερας θερμότητας διαστέλλεται και τα σημεία A, A2... A4, λαμβάνουν τις νέες θέσεις B1... B4. Η πίεσις εις τό σημείον Α παραμένει ή αυτή, εις τό σημείον A1, όμως είναι μεγαλύτερα κατά τό πάχος της ατμοσφαιρας A1 B1 εις τό σημείον δε B1, επικρατεί νύν η πίεσις ήτις ήτο προηγουμένως

* Τό πλείστον της παρούσης παραγράφου αναφέρεται εις την έργασίαν του C.G. Rosby: The scientific basis of modern Meteorology. U.S.D. of Agr. Yearbook 1941.

είς τό σημεῖον A_1 .

Ἀντιστοίχως μεταβάλλονται αἱ πιέσεις εἰς τὰ σημεῖα $A_2, B_2, \dots, A_4, B_4$. Τοιουτοτρόπως ἄνω τοῦ ὑπερθερμαινομένου τμήματος I, II σχηματίζεται ἐξογκώσεως τοῦ ἀέρος μέ μεγαλύτεραν πίεσιν ἀπό τήν πίεσιν τῆς περιοκῆς του, δημιουργεῖται ἐπομένως πτώσις τῆς πίεσεως καί ροή ἀέρος, ἐκ τῶν σημείων $B_4, B_3, \dots$ πρὸς τὰ σημεῖα Γ_4 καί A_4, Γ_3 καί $A_3, \dots$ κ.ο.κ.

Διὰ τῆς αὐξήσεως τῆς θερμοκρασίας ὁμως ὁ ἀήρ δέν διαστελ-
λεται μόνον ἀλλὰ, καθιεσόμενος ἐλαφρότερος, ἀνέρχεται ὑψηλότε-
ρον. Οὕτω ἡ ἐκροή, ἐκ τῆς ἐξογκώσεως τοῦ ἀέρος παρὰ τὸν ἰσημε-
ρινόν, πρὸς τοὺς πόλους συνοδεύεται ὑπὸ ευχρόνου ἀνόδου τοῦ
ἀέρος εἰς τὸν ἰσημερινόν, ἥτις ἐκ παραλλήλου προκαλεῖ πτώσιν τῆς
πίεσεως εἰς τὰ κατώτερα σημεῖα (A, A_1) καί ἐπομένως ροή ἀέρος
ἐκ τῶν σημείων $\Gamma, A, \Gamma_1, A_1, \dots$ εἰς τὸ A . Οὕτως ἀναπληροῦται καί ὁ
ἀνερχόμενος ἀήρ καί δημιουργεῖται ἡ ἐν τῷ σχήματι 3 ἐμφαινόμε-



Σχ. 3

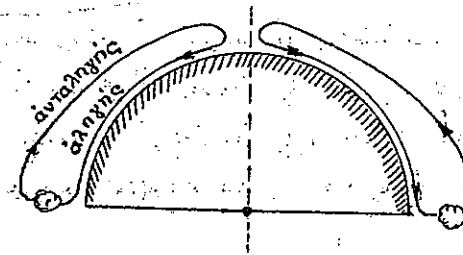
Δημιουργία ἀληγῶν ἀνέμων.

τὰ ἓνα μεσημβρινόν ροή τῶν ἀληγῶν καί ἀνταληγῶν ἀνέμων διὰ εἶχεν τό σχῆμα 4.

Ἡ περιστροφὴ τῆς γῆς ὅμως ὡς εἶναι εὐνόητον μεταβάλλει τὴν κατεύθυνσιν τῶν ἀνέμων τούτων, οἵτινες γίνονται διὰ τὸ βόρειον ἡμισφαίριον βορειανατολικοὶ διὰ γεωγραφικά πλάτη

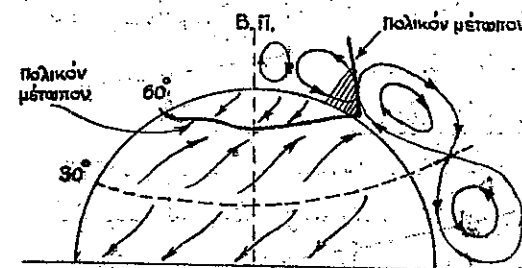
νη κυκλοφορία τοῦ ἀέρος. Οἱ οὕτω δημιουργούμενοι ἀνεμοὶ παρὰ τὴν ἐπιφά-
νειαν τῆς γῆς καλοῦνται ἀ λ η γ ε ῖ ς* (μόνιμοι, μὴ λήγοντες) παρὰ δὲ τὴν ἐστράσεφαιραν ἀ ν τ α -
λ η γ ε ῖ ς.

Ἐάν φαντασθῶμεν τὴν γῆν ἀκίνητον τότε ἡ κα-



Σχ. 4

Ροή ἀνέμων εἰς ἀκίνητουσαν γῆν



Σχ. 5

Ἐπίδρασις τῆς περιστροφῆς τῆς γῆς ἐπὶ τῶν ἀνέμων.

Ο-30° καί νοτιοδυτικοὶ διὰ πλάτη 30°-60° ὡς ἐμφαίνεται εἰς τό σχ. 5.
Ἄν λαβῶμεν ὑπ' ὄψιν ὅ-
τι ἡ ταχύτης περιστροφῆς τῆς γῆς εἶναι περίπου 460 μ/μ εἰς τὸν ἰσημερινόν καί τὸ ἥμιον εἰς πλάτος 60° βλέπομεν δια-
τί ἡ σχετικὴ κατεύθυνσις τῶν ἀνέμων παρεκκλίνει ὡς ἐμ-
φαίνεται εἰς τό σχ. 5.
Ἐκ παραλλήλου διὰ τῆς ὡς ἄνω διατάξεως τῆς ροῆς τῶν ἀνέμων διὰ ἔπρεπε νὰ ἐμ-
φανίζονταν τὰ σημεῖα ὑψηλῆς πίεσεως (High) ἥτοι αἱ ἀντι-
κυκλῶνες κατὰ κανόνα εἰς τὸ γεωγραφικόν πλάτος τῶν 30° καί τὰ σημεῖα χαμηλῆς πίεσεως (Low) ἥτοι αἱ κ υ -
κ λ ὠ ν ε ς εἰς τὴν περιφέρειαν τοῦ πολικοῦ κύκλου (περί τὰς 60° πλάτους). Τοῦτο ὅμως δέν συμβαίνει ἀλλὰ μετατίθενται τὰ κέντρα ὑ-
ψηλῆς καί χαμηλῆς πίεσεως λόγῳ τῆς ἀνομοιομόρφου κατανομῆς τῶν θαλασσῶν καί τῶν ἡπείρων ὡς καί λόγῳ τῆς καλύψεως μέ-
ρους τῶν τελευταίων τούτων ὑπὸ χιόνων. Οὕτω λόγῳ τῆς συνεχούς ἀναμίξεως τοῦ ὕδατος τῶν θαλασσῶν αἱ ὑγραὶ ἐπιφάνειαι ἀπορρο-
φοῦν μεγαλύτερας ποσότητας θερμοκρασίας καί ἔχουν πλέον ὁμοιο-
μόρφους θερμοκρασίας ἢ αἱ ἐπιφάνειαι τῶν ἐδαφῶν. Τοῦτο ἐπιτείνε-
ται κατὰ τὸν χειμῶνα, ὅποτε αἱ ἐπιφάνειαι τῆς ξηρᾶς καλύπτον-
ται ὑπὸ τῆς χιόνος ἥτις ἀντανεκλᾷ τὸ πλεῖστον τῆς ἀκτίνοςβο-

λίας εις τὸ διάστημα.

Οὕτω κατὰ τὴν χειμερινὴν περίοδον, τὰ ἐμφεῖα ὑψηλῆς πιέσεως ἐμφανίζονται εἰς τὰς ἠπείρους (βορ. Αμ., Κεντρικὴ Ἀσία) τὰ δὲ χαμηλῆς πιέσεως ὑπεράνω τῶν θαλασσῶν (Ἰαπωνία, Ἀλεόντισι νῆσοι) ὁπότε τὸ πολικὸν μέτωπον μετατοπίζεται πολὺ νοτίως ὑπεράνω τῶν ἠπείρων.

Κατὰ τὴν θερινὴν περίοδον ἡ κατάσταση ἀντιτρέφεται κάπως καὶ αἱ ὑψηλαί πιέσεις μετατοπίζονται βορειότερον αἱ χαμηλαὶ τοιαῦται παρουσιάζονται εἰς τὰς ἠπείρους, αἱ δὲ ὑψηλαί πιέσεις εἰς τὰς ἡμιτροπικὰς περιοχὰς ἐμφανίζονται κυρίως ὑπεράνω τῶν θαλασσῶν (ἀτλαντικός καὶ εἰρηνικός ὠκεανός).

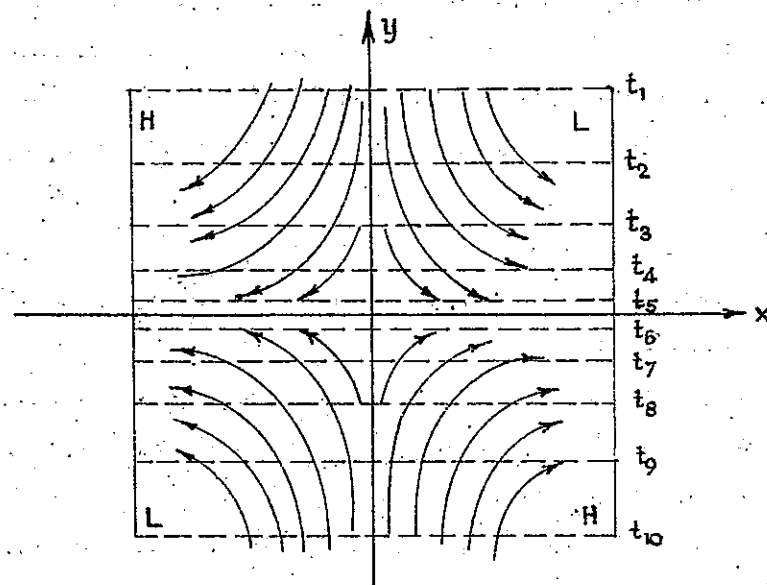
2. Μέτωπα. Κλίσεις καὶ κινήσεις αὐτῶν.

Ἡ διαμόρφωσις τῶν μετώπων (fronts) καὶ ἡ μελέτη αὐτῶν ἀποτελεῖ σημαντικὸν εἰσὶν μελέτης τῶν μετεωρολογικῶν φαινομένων, ἰδίᾳ δὲ ἐκείνων ἅτινα ἐπηρεάζουν τὴν ὑδρολογίαν.

Μέτωπα καλοῦνται γενικῶς αἱ ὀριακαὶ ἐπιφάνειαι μεταξὺ μαζῶν ἀέρος διαφόρου κατὰ κανόνα θερμοκρασίας. Συνήθως θεωροῦμεν μέτωπον τὸ ἐμφεῖον μαθηματικῆς ἀσυνεχείας τῆς πυκνότητος τῶν ἀερίων μαζῶν, ὅρα καὶ ἐμφεῖον ἀσυνεχείας τῆς θερμοκρασίας διότι μόνον ἡ τελευταία αὕτη δύναται νὰ προκαλέσῃ διαφύρον πυκνότητα. (Αἱ μικραὶ διαφοραὶ πυκνότητος λόγω διαφόρου περιεκτικότητος ὑδατῶν εἶναι ἐπὶ τοῦ προκειμένου ἀμελητέαι).

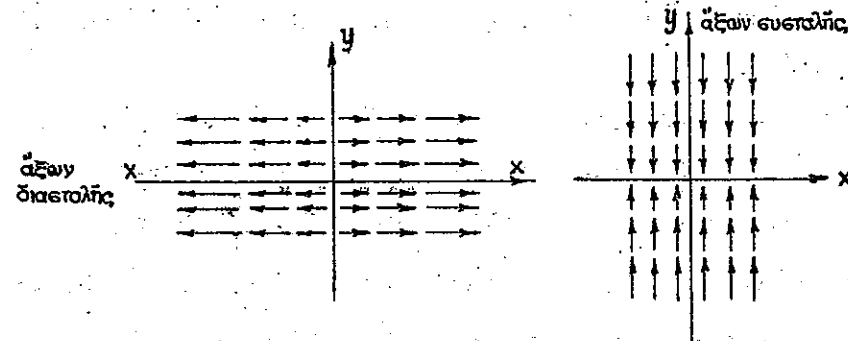
Ἡ ἐρμηνεία τῆς δημιουργίας τῶν μετώπων δίδεται ὑπὸ τοῦ ἐκπαιδευτοῦ Tor Bergeron (Geofysiske Publ., V, 6, 1928) διὰ τοῦ σχήματος 6, ἐνθα δέκνεται ἀπλοῦν πεδίου παραμορφώσεως, εἰς τὸ ὁποῖον αἱ ἰσοθερμογραμμαὶ (διακεκομμέναι) πυκνοῦνται κατὰ μῆκος τοῦ ἄξονος τῶν x .

Ἡ ἀρχὴ τῶν συντεταγμένων ἀποτελεῖ τὸ σὺνδεσμον ἐμφεῖον.



Σχ. 6. Πεδίου παραμορφώσεως, δεικνύον τὴν δημιουργίαν μετώπου

ὁ ἄξων τῶν x καλεῖται καὶ ἄξων διαστολῆς, ὁ δὲ ἄξων τῶν y ἄξων συστολῆς. Ἡ ἐρμηνεία τῆς ὀνομασίας τῶν δύο ἄξωνων ἐμφανίζεται εἰς τὸ σχῆμα 7, ἐνθα δέκνυνται αἱ συνιστώσαι ταχύτητες τοῦ πεδίου παραμορφώσεως, καὶ ὅπου τὰ μῆκη τῶν βελῶν εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰς ταχύτητας τοῦ ἀνέμου. Ἡ συνιστώσα τῶν ταχυτήτων κατὰ τοὺς δύο ἄξονας (ἡ ὀνομασία ἐκείνου τῶν ὁποίων



Σχ. 7. Αἱ συνιστώσαι τοῦ πεδίου παραμορφώσεως.

προκύπτει από την μεταβολή των βελών παραλλήλως προς αυτόν) κινείται επί καμπύλης υπερβολής ως εμφανίζεται εις τὸ σχ. 6.

Διὰ τὴν ὑπάρξιν μέτωπον, δέον κατὰ τὸν Peitersen νά σκηματίζεται μεταξύ τοῦ ἄξονος διαστολῆς καὶ τῶν ἰσοθερμῶν καμπύλων (1, 2, 3, ..., 10) τοῦ σχήμ. 6, γωνία μικροτέρα τῶν 45° (εἰς τὸ σχήμα 6 παρουσιάζεται ἡ ἰδεώδης περίπτωσις γωνίας 45° πρὸς μὴ δέν). Ἐξ ἄλλου διὰ τὴν δημιουργίαν μετώπων ἀπαιτοῦνται αἱ ἀκόλουθοι δύο συνθήκαι :

(1) αἱ μάζαι τῶν δύο ρευμάτων νά εἶναι διαφόρου πυκνότητος καὶ (2) οἱ ἐπικρατοῦντες ἄνεμοι νά μεταφέρουν τὰς διαφορετικὰς μάζας ἑναντι ἀλλήλων εἰς τὸ μέτωπον.

Οὕτω δημιουργεῖται λ.χ. τὸ πολικὸν μέτωπον τοῦ σχήμ. 5 (βλ. τομήν, δεξιὰ). Αἱ δύο ὡς ἄνω συνθήκαι δέον νά συνυπάρχουν.

Ἐάν καλέσωμεν F τὴν συνάρτησιν δημιουργίας μετώπου, καὶ δὴ θετικὴν διὰ τὴν περίπτωσιν δημιουργίας νέου μετώπου (frontogenesis) καὶ ἀρνητικὴν διὰ τὴν περίπτωσιν ἀποσβέσεως μετώπου (frontolysis), τότε ἡ μαθηματικὴ ἔκφρασις τῆς συναρτήσεως δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου :

$$F = - \left| \frac{\partial T}{\partial n} \right| \cdot \frac{\partial u_n}{\partial n}$$

ἐνθα $\left| \frac{\partial T}{\partial n} \right|$ παριστᾷ τὴν πτώσιν τῆς θερμοκρασίας καὶ $\frac{\partial u_n}{\partial n}$ τὴν πτώσιν τῆς ταχύτητος κατὰ μῆκος τῆς καθέτου (n) πρὸς τὰς ἰσοθερμικὰς καμπύλας.

Ἦτοι διὰ τὴν ὑπάρξιν μετώπου δέον ὅπως : "ὁ ἄνεμος ἔχει καθεῖον πρὸς τὰς ἰσοθερμικὰς γραμμὰς συνιστώσαν ἥτις νά μειοῦται κατὰ τὴν πρὸς τὰ κατάντη αὐτοῦ κατεύθυνσιν." Ἦτοι ἡ δημιουργία μετώπου λαμβάνει τὴν μεγίστην τιμὴν ὅταν παρατηρεῖται μεγάλη διαφορὰ θερμοκρασίας, ἰσχυρὰ συνιστώσα τῆς ταχύτητος καθέτως πρὸς τὰς ἰσοθερμικὰς καμπύλας καὶ ἰσχυράν πτώσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ἀνέμου πρὸς τὰ κατάντη τῆς ροῆς αὐτοῦ.

μου πρὸς τὰ κατάντη τῆς ροῆς αὐτοῦ.

Ἡ κλίσις τῶν μετώπων ὡς πρὸς τὴν ἐφαπτομένην τοῦ ὁρίζοντος δύναται ἀκόμη νά υπολογισθῇ μαθηματικῶς μὲ ἱκανὴν προσέγγισιν. Ἦδη ἀπὸ ἐπὶ ὁ $M. Margules$ (Meteorolog. Zeits. 1906) βασισμένος εἰς πρόγενεστέραν ἐργασίαν τοῦ Helmholtz κατέληξεν δι' ἀπλῶν ἐξισώσεων εἰς τὸν τύπον :

$$\epsilon\phi \theta = \frac{f}{g} \cdot \frac{T_m (u_1 - u_2)}{T_2 - T_1}$$

ὅστις δίδει τὴν γωνίαν κλίσεως θ τοῦ μετώπου.

T_1 καὶ T_2 εἶναι αἱ ἀπόλυται θερμοκρασίαι τῶν δύο ρευμάτων, u_1 καὶ u_2 αἱ ταχύτητες αὐτῶν, $T_m = \frac{T_1 + T_2}{2}$ καὶ $f = 2 \Omega \sin \phi$, σταθερὰ δι' ἕκαστον γεωγραφικὸν πλάτος ϕ , μὲ Ω τὴν γωνιακὴν ταχύτητα περιστροφῆς τῆς γῆς ($[f] = \text{sec}^{-1}$). [Ἡ σταθερὰ τοῦ Coriolis]

Διὰ γεωγραφικὸν πλάτος $\phi =$	0°	20°	40°	60°	80°
$10^4 f =$	0	0,497	0,935	1,260	1,491
					[sec]

Οὕτω διὰ $T_1 = 273^\circ \text{A}$, $T_2 = 277^\circ \text{A}$, $u_1 = 5 \text{ m/sec}$, $u_2 = -5 \text{ m/sec}$ καὶ $f = 1,0 \times 10^{-4}$ (διὰ $\phi = 45^\circ$) ἔχομεν κλίσιν μετώπου :

$$\epsilon\phi \theta = \frac{10^4 \cdot 275 \times 10^3}{980 \times 4} = \frac{1}{140}$$

Ἡ κλίσις αὕτη φαίνεται μικρὰ ἴσως ἐκ πρώτης ὀφσεως εἶναι ὅμως ἱκανὴ νά προκαλέσῃ βροχὴν εἰς θερμὸν ἀέρα κινούμενον πρὸς τὰ ἄνω κατὰ μῆκος μετώπου πινος. (βλ. καὶ σχήμα 8β)

Δέον νά τονισθῇ ἐνταῦθα ὅτι, ὡς ἀνεμένετο ἄλλωστε, εἰς τὰ κινούμενα στρώματα τοῦ ἀέρος ἐμφανίζονται τὰ γνωστὰ φαινόμενα τῆς μηχανικῆς τῶν ρευστῶν ἥτοι ἡ δημιουργία διαφορῶν ταχυτήτων εἰς παράλληλα στρώματα ἀέρος λόγῳ διατμήσεως (shear) ὡς ἐπίσης τὰ εἰρηλοιδεῖς (Turbulence) μὲ ἐμφάνισιν κυματισμῶν καὶ μικρῶν εἰρηλοιδεῖς εἰς τὰς ἐπιφανείας ἐπαφῆς ὡς καὶ πλήρην εἰρηλοιδεῖς (wirbel whirl) εἰς μεγάλην κλίμακα

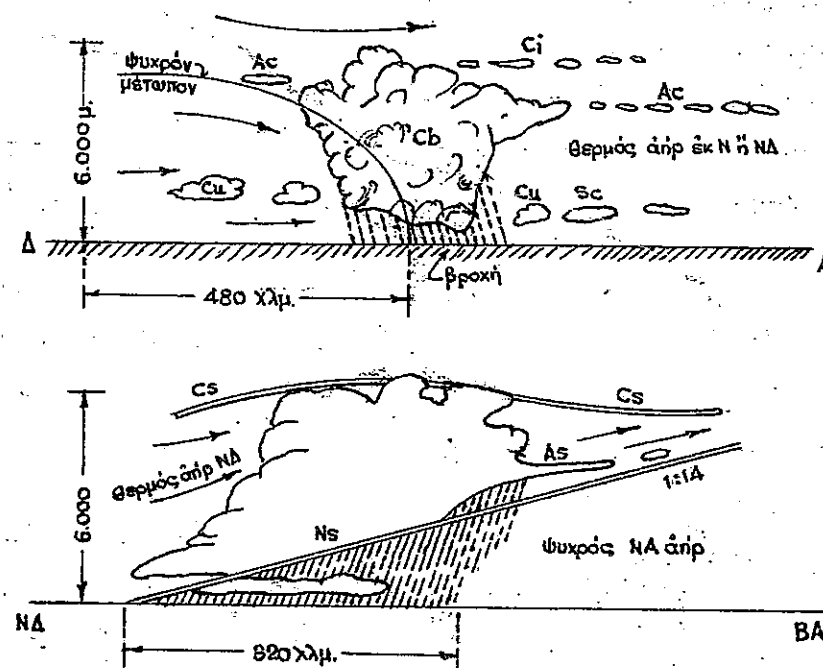
(κυκλώνες). Ἡ ἐπὶ πλέον δυσκέρεια ἐνταῦθα εἶναι ὅτι τὰ προβλήματα δὲν δύνανται νὰ ἀναχθῶσιν εἰς ἐπιπεδούς, ῥοὰς ἢ κλειστάς τοιαύτας (ὡς εἰς τὴν ὑδραυλικὴν λ.κ.) ἀλλὰ παραμένον προβλήματα τοῦ χώρου καὶ ὡς ἐκ τούτου θεωρητικῶς συνήθως ἀνεπίλυτα.

Ἐφ' ὅσον ἓνα μέτωπον ἐμπεριέχει συνιστῶσαν τοῦ ἀνέμου κάθετον ἐπὶ τούτου, τὸ μέτωπον τοῦτο, εἰς τὴν ἰδεώδη περίπτωσιν, δά κινεῖται μετὰ τὴν διεύθυνσιν καὶ τὴν ταχύτητα τῆς συνιστώσας ταύτης. Τὰ μέτωπα κινούνται ὅπου καὶ ὅταν διασταυροῦνται ὑπὸ τῶν ἰσοβαρῶν γραμμῶν (γραμμῶν ἴσης βαρομετρικῆς πίεσεως, περί ὧν κατωτέρω) καὶ ἡ ταχύτης μετακινήσεως εἶναι συνάρτησις τῆς ἀποστάσεως τῶν γραμμῶν τούτων (ὡς π.χ. εἰς τὰς γραμμὰς ροῆς καὶ δυναμικοῦ). Ἐφ' ὅσον αἱ πιέσεις εἶναι συνεχεῖς ἐπὶ ἑνὸς μετώπου αἱ κάθετοι πρὸς αὐτὸ συνιστῶσαι τοῦ ἀνέμου πρὸ καὶ μετ' αὐτὸ δά εἶναι ἴσαι. Τὰ μέτωπα θέου νὰ θεωροῦνται, εἰς τὰ κινούμενα ρεύματα τοῦ ἀέρος ὡς διαχωριστικὰ τεῖχη διὰ τῶν ὁποίων δὲν διεισδύνουν τὰ μόρια τοῦ ἀέρος, ἀλλὰ τὰ ὁποῖα τεῖχη κινούνται μετὰ τὴν αὐτὴν ταχύτητα ἣν ἔχουν τὰ μόρια τοῦ ἀέρος καθέτως πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν αὐτῶν.

Ὅταν μέτωπον κινεῖται οὕτως ὥστε ψυχρὸς ἀήρ νὰ καταλαμβάνη θέσιν καλυπτομένην προηγουμένως ὑπὸ θερμοῦ ἀέρος τότε καλεῖται ψυχρὸν μέτωπον (Cold front). Ἐάν ἐξ ἄλλου τὸ μέτωπον κινεῖται οὕτως ὥστε θερμὸς ἀήρ νὰ καταλαμβάνη τὴν θέσιν ψυχροῦ ἀέρος τότε καλεῖται θερμὸν μέτωπον (warm front). Μέτωπον δύναται νὰ κινεῖται εἰς τμήμα τοῦ μήκους του κατὰ τὴν μίαν κατεύθυνσιν, τὸ δὲ ὑπόλοιπον τμήμα κατὰ τὴν ἄλλην κατεύθυνσιν ὅποτε εἶναι μερικῶς ψυχρὸν καὶ μερικῶς θερμὸν μέτωπον.

Εἰς τὰ ψυχρά μέτωπα ἡ εἶδη τοῦ προχωροῦντος ψυχροῦ ἀέρος ὑφίσταται ἀπώλειαν λόγῳ τριβῶν εἰς τὸ σημεῖον ἐπαφῆς μετὰ τῆς γῆς καὶ δι' αὐτὸ καὶ ἡ μετωπιαία αὐτοῦ πλευρὰ γίνεται ἀποτομωτέρα (βλ. σχ. 8^α). Αἱ μέσαι κλίσεις τῶν ψυχρῶν μετώπων κυμαίνονται ἀπὸ 1:150 ἕως 1:50.

Εἰς τὰ θερμὰ μέτωπα ὁ εἶδη τοῦ υποχωροῦντος ψυχροῦ ἀέρος ὑφίσταται ὁμοίως τριβᾶς εἰς τὸ κάτω ἄκρον αὐτῆς καὶ λαμβάνει τοιοῦτοτρόπως μικρὰς κλίσεις κυμαινομένας ἀπὸ 1:300 ἕως 1:100 (βλ. σχῆμα 8^β).



Σχῆμα 8. Ἰδεώδεις τομαὶ ψυχροῦ μετώπου (α) καὶ θερμοῦ μετώπου (β) εἰς κυκλῶνα ἐν ὁράσει. (Αἱ κλίσεις τῶν μετώπων ἐν ἐξάρσει).

3. Μέτωπα καὶ κυκλώνες.

Ἡ μελέτη τῶν μετώπων ἤρchiσεν συστηματικῶς μετὰ

τόν πρώτον παγκόσμιον πόλεμον από την εκολήν του Bergen (Norβηγία) υπό διασημών Σκανδιναυών μετεωρολόγων (Bjerknes, Solberg, Bergeron, Petterssen, Palmén) και τον Σουηδοαμερικανόν C.G. Rossby. Διά της κατασκευής χαρτών (έν κατόψει και τομαίς) διευκρινήθησαν πλείστα όσα μέχρι τουδε ανεξήγητα φαινόμενα και γενικαί άρχαί της θεωρητικής άερο- και υδροδυναμικής έφηρμόθησαν προς υ-πολογισμόν αυτών.

Η συντόμως ανωτέρω έκτεθεισα θεωρία των μετώπων ωδήγη-ευν εις την αποκάλυψιν ότι πλὴν των κλασικῶν τροπικῶν κυκλώ-νων και άντικυκλώνων (ὡς οἱ μουσώνες π.χ. περί τῶν κατωτέρω) δημιουργοῦνται διά των μετώπων και τοπικοί έξωτροπικοί κυκλώνες ἢ γυῶεις των οποίων μεγάλας ευνεισφέρει εις την άερο-πορίαν αλλά και την υδρολογίαν.

Οὕτω κατά την εκολήν Bergen οἱ έξωτροπικοί κυκλώνες δη-μιουργοῦνται ἐκ κυμάτων των μετώπων (βλ. εκ. 9^α) διά ευετροφῆς ἢ αναταράξεως αυτών. Τά κύματα ταῦτα ἢ αὐξάνουν βαθμιαίως εις πλάτος ἕως ὅτου άρκτη, πολικά ἢ τροπικά ρεύματα αναμιγνύονται μετ' αυτών ὁπότε εκηματίζονται τά άεσταθῆ κύματα (unstable waves) ὧν ἡ περαιτέρω εξέλιξις ἐμφαίνεται εις τό εκήμα 9 ἢ

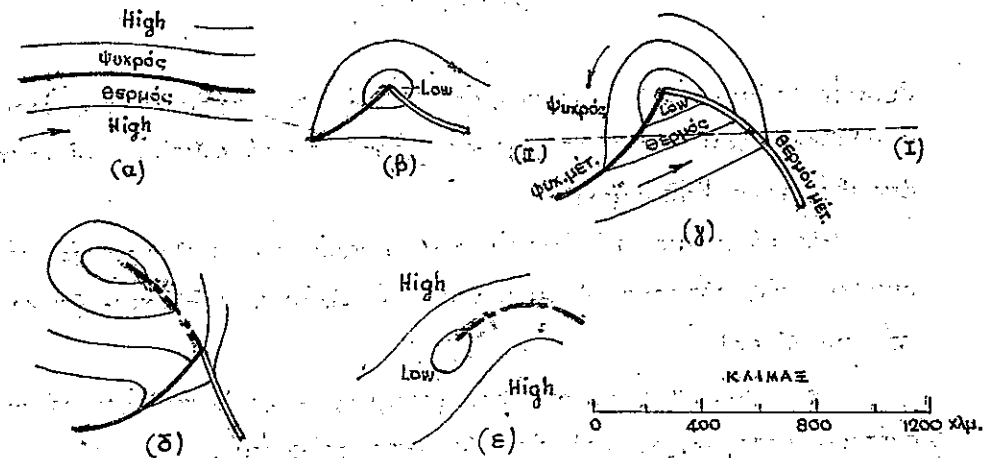
2. παραμένουν περίπου σταθερά χωρίς νά υφίστανται ανάμειξιν τινα κατά την διέγδυνειν των μεσημβρινῶν και άποσβέννυνται βαθμιαίως, άποτελοῦντα τά λεγο-μενα σταθερά κύματα (stable waves).

Τά πρώτα ἐν τῷ χρόνῳ « θρᾶύονται » ὡς τά μεγάλα, μικροῦ μήκους κύματα της θαλάσσης (ἄς παραβληθοῦν ταῦτα μέ τά εκήματα 9^β και 9^γ), ἐνῶ τά δεύτερα χάνονται ὡς τά χαμηλά κύμα-τα, μεγάλου μήκους, της θαλάσσης εις ὁμαλὰς άκτας.

Εἰς τό εκήμα 9 δίδεται ἐν κατόψει ἡ εξέλιξις άεταδοῦς

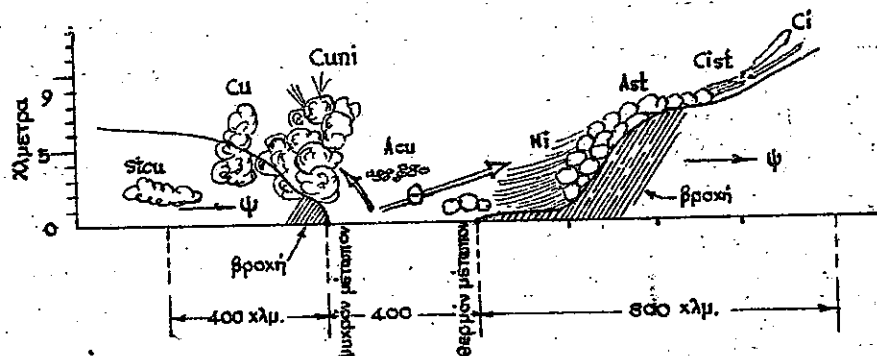
κύματος εκηματιζομένου άεθενῶς κατ' άρχήν (εκ. 9^α) μεταξύ των δυτικῶν και άνατολικῶν άνέμων μετώπου τινος (βλ. λ.χ. πολικόν μέ-τωπον του εκήμ. 5). Τό κύμα τοῦτο εξέλιεσεται εις τά εκήματα 9^β και 9^γ ὁπότε δημιουργεῖται περίε αυτου εις κυκλών άνξούσης έντάσεως μέ κέντρον (ύψειν low) τήν κορυφήν του κύματος.

Οὕτω οἱ δυτικοί άνεμοι μεταστρέφονται εις νοτιοδυτικούς ὠθούντας τήν άνατολικήν πλευράν του μετώπου προς βορράν ὡς θερμόν μέτωπον ἐνῶ τό δυτικόν μέρος ὠθεῖται νοτίως ὡς ψυχρόν μέτωπον. Ἀμφότερα τά μέτωπα στρέφουν τά κοῖλα προς τούς προωθοῦντας αὐτά άνέμους, ὡς τά ἱστία των πλοίων.



Σκῆμα 9.- Εξέλιξις έξωτροπικοῦ κυκλώνος άεταδοῦς κύματος εις τό Βόρειον ἡμισφαίριον... Ράτοφικς (κατά H. Byers).

Τό ψυχρόν μέτωπον ἐν συνεχείᾳ κινούμενον ταχύτερον του θερ-μοῦ ταιούτου κλείει τό θερμόν τμήμα και εκηματίζει ἕνα συνδε-τον μέτωπον (παχσία μικτῆ γραμμῆ εκήμ. 9^δ). Τό φαινόμενον τοῦ-το καλεῖται ἀποκλεισμός (occlusion) και τό αὐτῷ δη-μιουργοῦμενον μέτωπον κλεισμέον (occluded front). Τοῦτο παριστᾷ μίαν αναδίπλωσιν της άσυνεχοῦς ἐπιφανείας τῆς ἐνερ-γείας του ψυχροῦ και θερμοῦ μετώπου κατὰ τρόπον αποκλείοντα τό



Σχήμα 10. Τομή ιδεώδους κυκλώνος (Τομή I-I του σχήματος 9).

θερμόν τμήμα ὅπερ τοιοῦτοτρόπως ἀνέρχεται πρὸς τὰ ἄνω ἐνῶ ὁ κυκλὼν περικλείεται ἀπὸ ψυχρὸν ἀέρα εἰς τὸ χαμηλὸν τμήμα καὶ ἀποβεβέννυται βαδριαίως.

Εἰς τὸ σχῆμα 10, ἐμφαίνεται ἡ τομή τοῦ κυκλώνος εἰς τὸ ἐμφεῖον τῆς πλήρους δημιουργίας αὐτοῦ. Τὴν τομή τοῦ σχήμ. 9 κατὰ τὸν Streck.

Μετὰ τὰς γενικὰς ὡς ἄνω γραμμὰς ἐξετάζονται ἤδη τὰ κυριώτερα κατὰ μέρος στοιχεῖα τῆς μετεωρολογίας.

B. Κατὰ μέρος στοιχεῖα τῆς ἀτμοσφαίρας.

Ἐκ τῶν στοιχείων τῆς ἀτμοσφαίρας ἐξετάζονται ἐνταῦθα τὰ κυριώτερα καὶ δι' ἐκεῖνα ἅτινα ἀμέσως ἢ ἐμμέσως ἀφορῶν τὴν ὑδρολογίαν καὶ τὰ ὑδραυλικά ἔργα γενικώτερον. Εἶναι ταῦτα : ἡ θερμοκρασία, ἡ βαρομετρικὴ πίεσις, οἱ ἄνεμοι καὶ ἡ ὑγρασία τῆς ἀτμοσφαίρας.

Τούτων προτάσσεται ἐντομος ἐξέτασις τῆς ἡλιακῆς ἀκτινοβολίας, τοῦ σπουδαιότερου τούτου κοσμικοῦ κλιματολογικοῦ παράγοντος.

1^η. Ἀκτινοβολία τοῦ ἡλίου.

1.1. Γενικότητες.

Ἡ γνῶσις τῆς ἀκτινοβολίας τοῦ ἡλίου εἶναι οὐσιώδους δόξου ὅτι εἰς αὐτὴν ὀφείλονται ὅλα σχεδὸν τὰ φαινόμενα ἅτινα ἐκδηλοῦνται ἐντὸς τῆς γήινης ἀτμοσφαίρας ἐνῶ ἐξ ἄλλου ἐμμέσως ἢ ἀμέσως εἰς αὐτὴν ὀφείλεται καὶ ἡ σημερινὴ βιολογικὴ μορφή ἐν τῷ πλανῆτῃ τῆς γῆς.

Ἡ ἀκτινοβολία τοῦ ἡλίου ἀποτελεῖ μεταδόσιν ἐνεργείας ἐκ τῶν διαφόρων μερῶν αὐτοῦ (τῆς φωτισφαίρας, τῆς ἀπορροφητικῆς στιβάδος τῆς χρωμοσφαίρας καὶ τοῦ στελέματος αὐτοῦ) καὶ ἀντίστοιχον ἀπορρόσῃσιν.

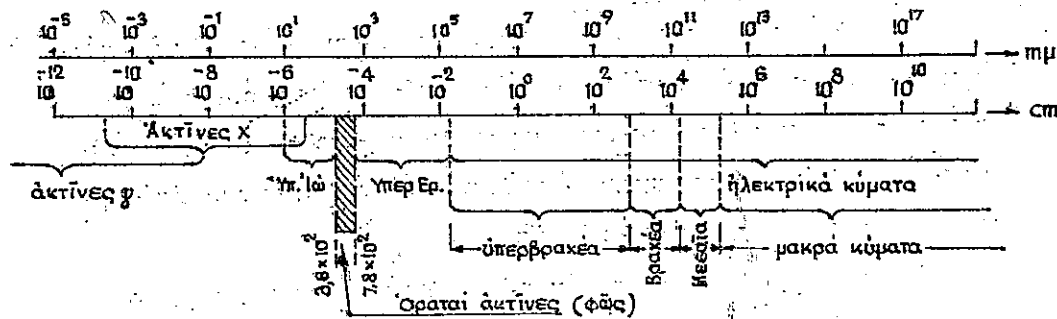
Ὡς γνωστὸν πᾶσα ἐνέργεια ἀποδίδεται ὑπὸ τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ὅπου ἀναλόχως τοῦ μήκους τοῦ κύματος δίδεται καὶ ἡ μορφή τῆς ἐνεργείας. Εἰς τὸ σχῆμα 11' δίδεται τὸ ἐκ τῆς φυσικῆς γνωστὸν ἡλεκτρομαγνητικὸν φάσμα, ὅπου τὰ διάφορα μίκη κυμάτων διδονται εἰς ἑκατοστὰ καὶ χιλιοστομικρὰ (μμ, ἢτοι δεκάκις ἑκατομμυριαστὰ τοῦ ἑκατοστοῦ).

Μίαν ἄλλην συνηθὴς μονάδα μέτρησεως τοῦ μήκους κύματος ἀποτελεῖ τὸ Ἀngström (Å) ὅπερ εἶναι τὸ 1/10 τοῦ χιλιοστομικροῦ ἢτοι ἑκατοντάκις ἑκατομμυριαστὸν τοῦ ἑκατοστοῦ.

Τὸ φάσμα τοῦτο περιλαμβάνει πᾶσαν φυσικὴν ἢ τεχνικὴν (ὡς διὰ τῆς ραδιοτεχνίας) ἀκτινοβολίαν περιλαμβανομένης καὶ τῆς κοσμικῆς τοιαύτης.

Μέρος τῆς ἡλιακῆς ἐνεργείας ἀπορροφᾶται ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαίρας, ἥτις δρᾷ τοιοῦτοτρόπως ὡς πολυδύναμος ἡδυσμός, ἀπορροφουσα

οὕτω μήκη κυμάτων μικρότερα τῶν 289 nm καὶ μεγαλύτερα τῶν 51,000 nm. Οὕτω ἡ μέχρι τῆς γῆς δρῶσα ἀκτινοβολία περιλαμβάνει κύματα κυρίως μεταξύ 289 καὶ 2300 nm μήκους, περιλαμβάνει τουτέστιν (ὡς ἐμφαίνεται ἐκ τοῦ ἡλεκτρομαγνητικοῦ φάσματος) μέρος τῶν ὑπεριώδων ἀκτίνων (χημικῶν) τὰς φωτεινὰς ἀκτίνας καὶ μέρος τῶν ὑπερερυθρῶν (θερμαντικῶν) ἀκτίνων.



Σκῆμα 11. Τὸ ἡλεκτρομαγνητικὸν φάσμα.

Ὅπως ἡ ἀκτινοβολία τοῦ φωτός (ὁραταὶ ἀκτίνες, μέ μήκη κύματος 4000—7000 Å οὕτω καὶ πᾶσα ἀκτινοβολία ἐνέργεια (radiant energy) μεταδίδεται εὐθύγραμμως καὶ μετὰ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός (300.000 km/ὄλον).

Ἡ ἀναλογία τῶν διαφόρων κατηγοριῶν ἀκτίνων τῆς ἡλιακῆς ἀκτινοβολίας εἶναι περίπου ἡ ἀκόλουθος :

Χημικαὶ ἀκτίνες (ὑπεριώδεις)	$\lambda = 289-400 \text{ nm}$	1%
Ὀραταὶ ἀκτίνες (φῶς)	400—780 nm	39%
Θερμαντικαὶ ἀκτίνες (ὑπερερυθροί)	780—2300 nm	60%

Ἡ ποσότης τῆς ἀκτινοβολίας τοῦ ἡλίου, ἀλλὰ καὶ ἡ ἐκατοστία ἀναλογία τῶν συνιστωσῶν ἀκτίνων αὐτῆς μεταβάλλεται ἀναλόγως :

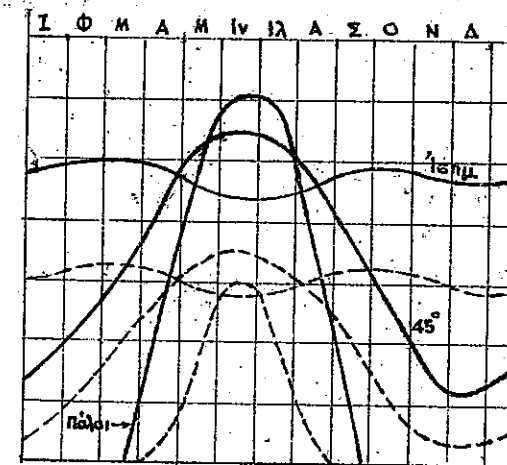
- τῆς διαφανείας τῆς ἀτμοσφαίρας
- τοῦ γεωγραφικοῦ πλάτους τοῦ σημείου εἰς ὃ μετρεῖται ἡ ἀκτινοβολία.
- τῆς κλίσεως τῶν ἀκτίνων προσηλιασεως (ὥρα τῆς ἡμέρας, ἐποχὴ ἔτους).

ρας, ἐποχὴ ἔτους).

δ. τοῦ πάχους τῆς ἀτμοσφαίρας

ε. τῆς διανομῆς θαλασσῶν καὶ ἡπείρων.

- Ἡ διαφανεία τῆς ἀτμοσφαίρας μετρεῖται εἰς ἐκατοστιαίους βαθμούς, ἥτοι διαφανεία 100%, 80%, 60% κ.ο.κ.
- Τὸ γεωγραφικὸν πλάτος, ἐπηρεάζει λόγῳ τῆς κλίσεως τῶν ἀκτίνων (ἴδε γ'), τοῦ μεταβαλλομένου πάχους τῆς ἀτμοσφαίρας, (βλ. δ') τῆς ἀποστάσεως ἀπὸ τὸν ἥλιον (λόγῳ τῆς τροχίᾳς τῆς γῆς) κ.λ.π. Οὕτω εἰς τὸ σκῆμα 12 δίδεται ἡ μεταβολὴ τῆς μέσης ἡμερησίας ἀκτινοβολίας ἀναλόγως τῆς ἐποχῆς τοῦ ἔτους εἰς



Σκ. 12. Ἰσχυρὴ ἀκτινοβολία εἰς διάφορα πλάτη κατὰ τοὺς διαφόρους μῆνας.

διαφορὰ γεωγραφικὰ πλάτη διὰ μεγίστην διαφανείαν τῆς ἀτμοσφαίρας (πλήρεις γραμμαὶ) καὶ διὰ διαφανείαν 75% (ἐστειχμέναι γραμμαὶ). Οὕτω παρατηροῦμεν ὅτι αἱ ἐτήσιαι διακυμάνσεις εἰς τὸν ἱσημερινὸν εἶναι ἐλάχισται εἰς δὲ τοὺς πόλους μέγισται. Ἀντιετρόφως ὁμοίως δὲ εἶναι αἱ ἡμερήσιαι.

Ἡ διαφορὰ τῆς ἀναλογίας τῶν ἀκτίνων διαφόρου μήκους κυμάτων ἐμφαίνεται κατωτέρω ἐκ μετρήσεων γενομένων εἰς Λα-νος, εἰς μίαν θερινὴν καὶ μίαν χειμερινὴν ἡμέραν (12^η μεσημβρινὴ ὥρα).

	Χειμών	Θέρος
Υπεριώδεις	0,14	1
Όρατόν φῶς	50,86	58
Υπερέυδροι	49,00	41
	100 %	100%

δ). Τό πάχος της ατμοσφαιρας ὁμαίως μειώνει τήν ἀκτινοβολίαν, μέ ἀποτέλεσμα νά μειοῦται ἡ ἔντασις περιεσσότερον ὅσον ὁ ἥλιος εὐρίσκεται χαμηλότερα ὡς πρὸς τὸν ὀρίζοντα. Τήν μεγαλυτέραν ἐπίδρασιν ἔξαεκοῦν τὰ χαμηλότερα στρώματα τῆς ατμοσφαιρας λόγῳ τῆς νύξημένης περιεκτικότητος εἰς ὕγρασιαν.

Οὕτω κατὰ τὸν Violle, ἐκ τῆς καδέτου ἀκτινοβολίας, ὑπολογισμένης εἰς 100% εἰς τὰ ὅρια τῆς ατμοσφαιρας φθάνουν εἰς:

Mont-Blanc	Grands-Mulets	Grenoble	Paris
(+4810 μ)	(+3940 μ)	(+215)	(+60μ)
94%	89%	71%	68%

Ἡ ἐπίδρασις ὅμως τῆς ατμοσφαιρας ἐνεργεῖ καὶ ἀντιστροφῶς κατὰ τὴν ἀπώλειαν τῆς ἀκτινοβολίας (ἀκτινοβολία ἐκ τῆς γῆς) ὅταν ὀύη ὁ ἥλιος. Οὕτω παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὰ ὑψηλὰ ὄρη ἡ ἀκτινοβολία ἐκ τῆς γῆς εἶναι μεγαλυτέρα ἢ εἰς τὰς πεδιάδας καὶ τοιοῦτοτρόπως αἱ ἡμερήσιαι μεταβολαὶ τῆς θερμοκρασίας εἶναι πολὺ μεγαλυτέραι, μέ εἰνεπακόλουθα τὴν ἀποσάθρωσιν τῶν πετρωμάτων ἣτις προκαλεῖ τὴν παρουσίαν πολλῶν φερτῶν ὑλῶν εἰς τοὺς ὄρεινους χειμάρρους. Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον ἀπαιτοῦνται εἰδικαὶ διατάξεις κατὰ τὴν κατασκευὴν ἐκεῖ τεχνικῶν ἔργων.

Ομοίως εἰς τὰς ἐρήμους, ἐνθα αἱ ἡμερήσιαι διακυμάνσεις εἶναι μέγιστα προκαλεῖται ἀποσάθρωσις τῶν ἐδαφῶν.

ε) Ἡ παρουσία ὕγρασιος πλησίον τῶν θαλασσῶν καὶ λιμνῶν ἐπι-

δρά ἀνασταλτικῶς εἰς τὰς μεχάλας διακυμάνσεις τῆς ἀκτινοβολίας (λόγῳ τῶν παρεμβλλομένων ὑδρατμῶν, ὡς καὶ τῆς ψύξεως λόγῳ ἐξατμίσεως τοῦ ὕδατος). Συνεπεία τούτου ὁ ἀήρ ἀναθεν τῶν θαλασσῶν εἶναι ὑγρότερος, τὸ κλίμα βροχερότερον, ὁ χειμὼν ἡπιώτερος καὶ τὸ θέρος ἥττον θερμὸν.

1.2. Μέγεθος τῆς ἀκτινοβολίας (μέγεθος τῆς ἀκτινοβολίας)

Ἡ ἡλιακὴ ἀκτινοβολία ὑπολογίζεται εἴτε ὡς ὀλικὴ ἡλιακὴ καὶ οὐράνιος ἀκτινοβολία εἴτε ὡς ἄμεσος ἡλιακὴ ἀκτινοβολία. Αἱ τῶν εἰδικῶν προσπάθειαι ὅμως κατεβλήθησαν διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ἡλιακῆς σταθερᾶς (solar constant) ἣτις ὀρίζεται ὡς "τὸ ποσὸν τῆς ἀκτινοβολοῦσης ἡλιακῆς ἐνεργείας ἣτις προσπίπτει ἀνά λεπτόν ἐπὶ ἐπιφανείας ἐνός τετραγωνικοῦ ἑκατοστοῦ εὐρισκομένου ἐκτός τῆς ατμοσφαιρας, καδέτως πρὸς τὴν προσπίπτουσαν ἀκτινοβολίαν καὶ εἰς ἀπόστασιν ἴσην πρὸς τὴν μέσιν ἀπόστασιν τῆς γῆς ἀπὸ τὸν ἥλιον". Ἡ ἡλιακὴ αὕτη σταθερά ἔχει γίνῃ διεθνῶς ἀποδεκτὴ (μετρήσεις τοῦ Smithsonian Institute) ὡς ἴση πρὸς:

1,94 γραμμοθερμίδες ἀνά τετραγ. ἑκατοστόν καὶ λεπτόν.

ἢ ὅπερ τὸ αὐτὸ 0,323 κ.καλ/ὄλον καὶ τετρ. μ.

(Ποσότης ἱκανὴ νὰ τήξη εἰς ἓν ἔτος περίβλημα πάχους 30μ. ἢ νὰ ἐξατμίῃ ἐπὶ τὴν ὕδρατος ὕψους 3,50 μέτρων εἰς τὸ ἡμέτερον πλάτος).

Τὸ μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς αἰς ἀνω ἀπολύτου ἀκτινοβολίας εἶναι ἰσχύς περίπου 2 HP (1 HP = 75 Kgm/sec, 1 κ.καλ = 427 Kgm, 1 HP = $\frac{75}{427}$ κκαλ/sec).

Εἰς τὴν πραγματικότητα τόσον αἱ ἀπώλειαι ἀκτινοβολίας εἰς τὴν ατμόσφαιραν ($\geq 50\%$) ὅσον καὶ ἡ ἡμερήσια διακύμανσις αὐτῆς καὶ αἱ ἀπώ-

λειαί έργου, μεταβάλλουν τό μηχανικόν ίσοδύναμον εἰς 1 HP ἀνά 10 τερ. μέτρα ἀκτινοβολούσης ἐνεργείας.

Ἡ ὥς ἄνω ἡλιακή σταθερά (1,94 gr.cal/sec.cm²) μειοῦται αἰσθη- τῶς λόγῳ τῆς διόδου διὰ τῆς ἀτμοσφαίρας. Οὕτω κατὰ τό Byers αἱ ἀπώλειαί εἰς αἶθρον οὐρανόν καί εἰς νεφελώδη οὐρανόν ἐκτι- μῶνται ὡς ἑξῆς:

Αἰθρία: Ἀντανάκλασις: ἐκ τῆς ἀτμοσφαίρας 0.09
ἐκ τῆς ἐπιφανείας 0.12 0.21

Ἀπορρόφησις: ἐξ ὑδάτων 0.11
ἐξ ἄλλων ἀερίων, κόνεως κλπ. 0.02 0.13

Ὀλική ἀπώλεια: 0.34

Νέφωσις: Ἀντανάκλασις: 0.75

Ἀπορρόφησις: 0.03 0.78

Ἦτοι παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀπομένουσα ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ἀκτι- νοβολία ἀνέρχεται εἰς 66% τῆς ἡλιακῆς σταθερᾶς, εἰς περίπτωσιν αἰθρίας καί εἰς 22% εἰς περίπτωσιν νεφώσεως.

Διὰ τόπον μέ νέφωσιν 52% κατ' ἔτος ἡ ἀκτινοβολία ἔσται:

$$0.52 \times 0.22 + 0.48 \times 0.66 = 0.11 + 0.32 = 43\%$$

Οὕτω εἰς τό σχῆμα 13 δίδονται αἱ μεταβολαί τῆς ἀκτινοβο- λίας καί θερμοκρασίας εἰς Οὐάσιγκτῶνα D.C. (1925).

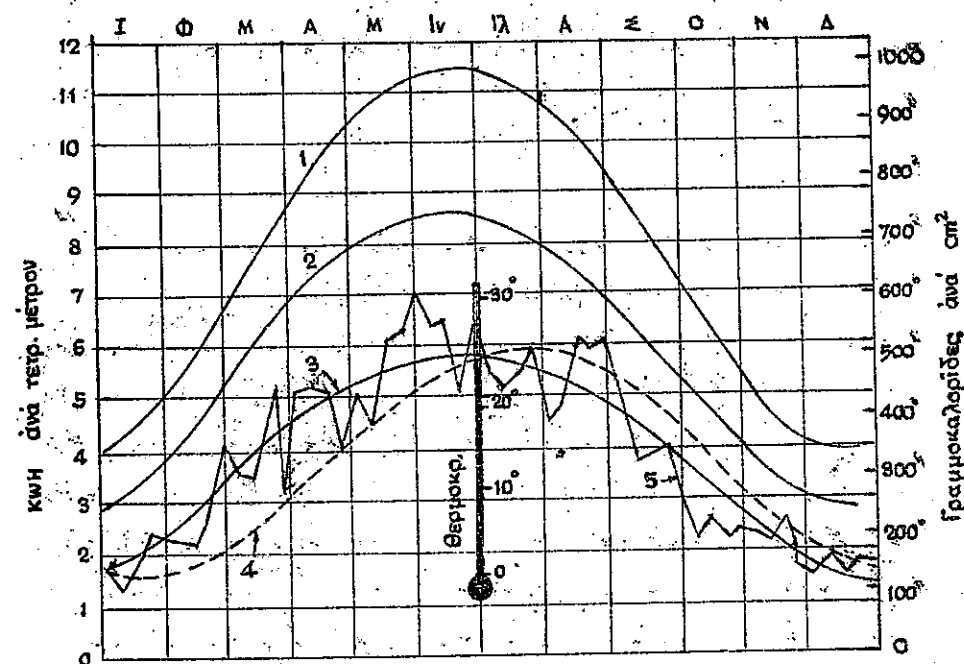
Ἡ καμπύλη 1 δίδει τὸν ποσογιωθέντα ἡλιασμόν ἀ- νωθεν τῆς ἀτμοσφαίρας εἰς τὸ ὑπ' ὄψιν γεωγραφικόν πλάτος.

Ἡ καμπύλη 2 τὸν ἡλιασμόν εἰς τὴν αὐτὴν θέσιν (ἐπὶ ὀριζον- τίου ἐπιφανείας ὅμως, ὅποτε καλεῖται καί ἡλιασμός, insolation) ἐ- πί τοῦ ἐδάφους καί δι' ἀνέφελον οὐρανόν.

Ἡ καμπύλη 3 δίδει ὁμοίως τὸν ἡλιασμόν διὰ μέσας συνθήκας νεφώσεως.

Ἡ καμπύλη 4 δίδει τὴν κανονικὴν μέσην ἡμερησίαν θερμοκρα-σίαν. Ἡ τεθλασμένη γραμμή 5 δίδει πραγματικὰ παρατηρηθείσας ἐβδόμαδιαίαις τιμὰς ὀλικῆς ἡλιακῆς καί οὐρανίου ἀκτινοβολίας

δι' ἐν ἀντιπροσωπευτικόν ἔτος (1925).



Σχ. 13. Ἡλιακὴ ἀκτινοβολία καί θερμοκρασία.

Ἡ ἡλιακὴ ἀκτινοβολία ἐξυπακούεται ὅτι ἀκολουθεῖ τοὺς «κλα- σικοὺς νόμους τῆς ἀκτινοβολίας», πῶν: Kirchhoff, Planck, Wien καί Stefan-Boltzmann οἵτινες λεπτομερῶς εὐρίσκονται εἰς τὴν βιβλιο- γραφίαν τῆς Φυσικῆς.

1.3. Μέτρησις τῆς ἡλιακῆς ἀκτινοβολίας.

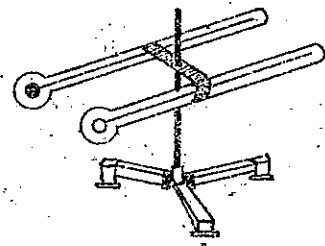
Ἡ μέτρησις τῆς ἀκτινοβολίας γίνεται δι' εἰδικῶν ὀργάνων ὁ- τινῶν:

- ὅταν μετροῦν τὴν ὀλικὴν ἀκτινοβολίαν ἢ μόνον τὴν τοῦ οὐ- ρανοῦ καλοῦνται ἀκτινόμετρα καί
- ὅταν μετροῦν τὴν ἄμεσον ἡλιακὴν ἀκτινοβολίαν καλοῦνται πυρηλιόμετρα.

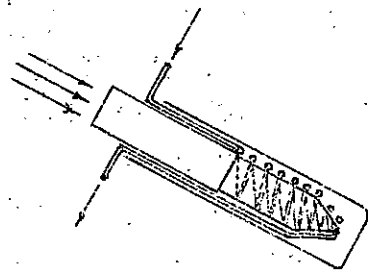
Κλασικόν παράδειγμα ακτινομέτρου είναι η συσκευή Arago - Davy - Robitzsch, (βλ. σχ.14) ήτις αποτελείται εκ δύο θερμομέτρων τοποθετούμενων εντός περιβλήματος κενού αέρος (προστατεύοντος από τὰ ρεύματα αέρος και απορροφούντος τὰ βραχεία κύματα).

Τὸ υδραργυρικόν δοχείον τοῦ ενός θερμομέτρου καλύπτεται ὑπὸ αἰθάλης, τοῦ ἄλλου εἶναι λευκόν (προτιμώτερον ματ). Ἡ ἐμφανιζομένη διαφορά θερμοκρασίας ἀντιπροσωπεύει τὴν διαφορὰν ἀπορροφήσεως ἐν τῇ πεδίῳ τῶν φωτεινῶν ἢ ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.

Ἐκ τῶν πυρηνιομέτρων τὸ ἀκριβέστερον ἀλλὰ καὶ πλέον δυσμετακόμιστον εἶναι τὸ τῶν Abbot και Fowle, ὅπερ ἀποτελεῖται ἀπὸ κωνικὴν ἐπιφάνειαν αἰθαλωμένην ἐσωτερικῶς ἐνθα κανονίζεται ἡ πρόσπτωσης τῶν ἡλιακῶν ακτίνων. Ἐξωτερικῶς ἐλίσσεται σωλὴν δι' οὗ διέρχεται ὕδωρ οὗτινος μετράται ἡ θερμοκρασία ἅμα τῇ εἰσόδῳ (T_1) καὶ μετὰ τὴν ἐξόδον αὐτοῦ ἐκ τῆς συσκευῆς (T_2). Ἡ ακτινοβολία δίδεται τότε ὑπὸ τοῦ τύπου :



Σχ. 14. Ἀκτινόμετρον Arago



Σχ. 15. Πυρηνιόμετρον Abbot και Fowle.

Ἐξωτερικῶς ἐλίσσεται σωλὴν δι' οὗ διέρχεται ὕδωρ οὗτινος μετράται ἡ θερμοκρασία ἅμα τῇ εἰσόδῳ (T_1) καὶ μετὰ τὴν ἐξόδον αὐτοῦ ἐκ τῆς συσκευῆς (T_2). Ἡ ακτινοβολία δίδεται τότε ὑπὸ τοῦ τύπου :

$$I = (T_2 - T_1) K$$

ἐνθα K ἡ θερμοαγωγιμότης τῆς παροχῆς τοῦ ὕδατος εἰς ὠρισμένον χρόνον.

Πλείστοι ὅσοι τύποι παρομοίων συσκευῶν καὶ ἀπλοποιουμένων τοιούτων χρησιμοποιοῦνται εἰς μετεωρολογικοὺς σταθμούς. (Πλείονα βλ. Α. Καρασιπέρη :: Πρακτικὴ Μετεωρολογία.

Ἀθήναι 1949. Λιθογράφοι ἐπιμειώσεις).

2^α Θερμοκρασία.

2.1 Μέτρησις καὶ ἀποτύπωσις τῆς θερμοκρασίας τῆς ἀτμοσφαίρας.

Ἡ μέτρησις τῆς θερμοκρασίας γίνεται διὰ θερμομέτρων καὶ δὲ :

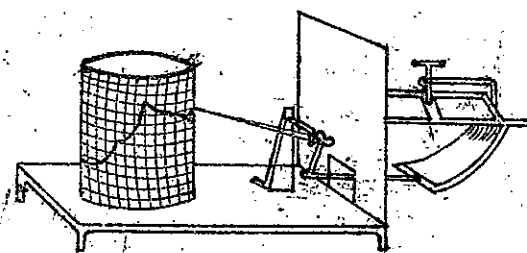
α) ὑγρῶν ἥτοι ἐξ υδραργύρου (τὰ καὶ ευηθέστερα) καὶ ἐξ οἶνοπνεύματος (διὰ χαμηλὰς θερμοκρασίας, δοθέντος ὅτι ὁ υδραργύρος πηγνύται κάτω τῶν $-38^{\circ}, 87$ βαθμῶν).

β) μεταλλικῶν ἐνθα ἡ θερμοκρασία μετράται διὰ τῆς μεταβολῆς τοῦ σχήματος ἢ ὄγκου μεταλλικῶν ταινιῶν ἢ διὰ τῆς ἀλλαγῆς τοῦ σχήματος μεταλλικῶν δοχείων πληρουμένων ἐντελῶς δι' ὑγρῶν καὶ

γ) ἡλεκτρικῶν θερμομέτρων, δι' ὧν μετράται μετὰ μεγίστης ἀκριβείας ἡ θερμοκρασία ὡς συνάρτησις τῶν μεταβολῶν τῆς ἡλεκτρικῆς ἀντιστάσεως νήματος πλατίνης τῇ βοήθειᾳ γαλβανομέτρου.

Τὰ θερμόμετρα δύνανται καὶ πρέπει νὰ ᾤσιν κατὰ προτίμησιν αὐτόγραφα (αὐτογραφικά θερμόμετρα ἢ θερμογράφοι) ὥστε νὰ δύναται τις νὰ παρακολουθῇ τὴν πορείαν τῆς θερμοκρασίας καθ' ὅλον τὸ ἔτος. Οἱ θερμογράφοι εἶναι τοῦ τύπου τῶν μεταλλικῶν θερμομέτρων (σωλὴν Bourdon πληροῦται δι' οἶνοπνεύματος, τολαιόλης ἢ πετρελαϊκοῦ αἰθέρος καὶ αἱ ἐκ τῆς θερμοκρασίας μεταβολαὶ αὐτοῦ μεταφέρονται διὰ σειρᾶς μακρῶν μοχλῶν εἰς ἀκίδα γραφούσαν ἐπὶ περιστρεφομένου τυμπάνου κεκαλυμμένου διὰ ταινίας).

Ἡ περιστροφή τοῦ τυμπάνου δύναται νὰ εἶναι ἡμερησία ἐβδομαδιαία ἢ καὶ μηνιαία, ὅποτε ἀντίστοιχα δὲ εἶναι τὰ ἐπὶ τοῦ φύλλου διαγράμματα.

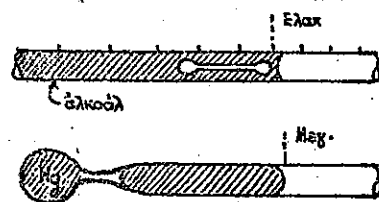


Σχ. 16. Θερμογράφος

Ἐλλείψει αὐτογράφων θερμομέτρων, χρησιμοποιούνται τὰ μέγιστοβάθμια καὶ ἐλαχιστοβάθμια θερμομέτρα δι' ὧν ἐπιτυγχάνεται ἡ μέτρηση τῶν μεγίστων καὶ ἐλα-

χίστων μεταξύ τῶν χρόνων τῶν παρατηρήσεων.

Τέλος κατασκευάζονται θερμομέτρα δίδοντα συγχρόνως τὸ μέγιστον καὶ ἐλάχιστον.



Σχ. 17. α) ἐλαχιστοβάθμιον θερ-

μόμετρον

β) μεγιστοβάθμιον θερ-
μόμετρον.

Τὰ θερμομέτρα τοποθε-
τοῦνται ἐντός ξυλίνων κλωβῶν,
ἕνα ἕως δύο μέτρα ὑπὲρ τὸ
ἐδαφος, προσφυλαγμένα ἀπὸ ἰσχυ-
ροῦς ἀνέμους, ὑγρασίας καὶ κό-
νιν.

Ὅταν δὲν ὑπάρχῃ θερμο-
γράφος, ἀναγιγνώσκονται αἱ θερ-
μοκρασίαι εἰς τὰ συνήδη θερ-
μόμετρα τρίς ἡμερησίως (7-14-

21 ὥραι ἢ 6-13-22 ἢ 8-14-20) ἵνα ἐξάγεται ὁ μέσος ὅρος ὁμοιο-
μόρφως συγκριτικῶς εἰς τοὺς διαφόρους σταθμούς. Ὁ μέσος αὗτος
ὅρος καταγράφεται ὡς μέση ἡμερησία θερμοκρασία. Ὁ
μέσος ὅρος τῶν ἡμερησίων θερμοκρασιῶν τοῦ μηνὸς δίδει τὴν
μέσην μηνιαίαν θερμοκρασίαν καὶ ἐξ αὐτῶν ἐξάγεται ἡ
μέση ἐτησία θερμοκρασία.

Αἱ μέσαι θερμοκρασίαι (ἡμερησίου, μηνιαίου, ἐτησίου) το-
ποθετοῦνται ἐπὶ τῶν τοπογραφικῶν χαρτῶν τῆς ἐξεταζομένης περιο-
χῆς καὶ σχηματίζονται δι' ἐνώσεως τῶν σημείων ἴσης θερμοκρασίας

(ὡς εἰς τοὺς τοπογραφικοὺς χάρτας δι' ἐνώσεως ἴσων ὑψομέτρων)
αἱ ἰσοθερμοὶ καμπύλαι, γραμμαὶ δηλαδὴ ἐκτεταταὶ τὰ ση-
μεῖα τῆς γῆς ἐπιφανείας ἐφ' ὧν παρατηρεῖται ἡ αὐτὴ μέση θερμοκρασία, ἀ-
ναγομένη διὰ τὰς ξηρὰς εἰς ὑψόμετρον μηδέν.

Αἱ θερμοκρασίαι μετροῦνται εἰς βαθμοὺς Ρελείου ἢ Fahrenheit,
δι' αἷς ἔχομεν ὡς ἀφετηρίας:

	C. Ρελείου	Fahrenheit
Σημεῖον τήξεως ὕδατος	0°	32°
" βρασμοῦ "	100°	212°

Ἡ σχέσις αὐτῶν διδεται ὑπὸ τοῦ τύπου: $C = \frac{5}{9}(F - 32°)$.

Λόγω τῆς μεγάλης διαδόσεως τῆς Ἀγγλικῆς καὶ Ἀμερικανικῆς
βιβλιογραφίας καὶ τῆς πληθύσεως τῶν ἐρευνῶν εἰς τὰς ἀντιστοίχους κώ-
ρας, οἱ μηχανικοὶ δεῖν νὰ ἐξαεκοῦνται εἰς τὴν εὐχερῇ ἀνάγνωσιν ἀμ-
φοτέρων τῶν μονάδων τούτων.

Εἰς τὰ σχήματα 18 καὶ 19 δίδεται παγκόσμιος χάρτης τῶν μέ-
σων μηνιαίων ἰσοθερμῶν καμπύλων εἰς βαθμοὺς Fahrenheit δι' ἕνα κα-
μερινόν καὶ ἕνα θερινόν μήνα.

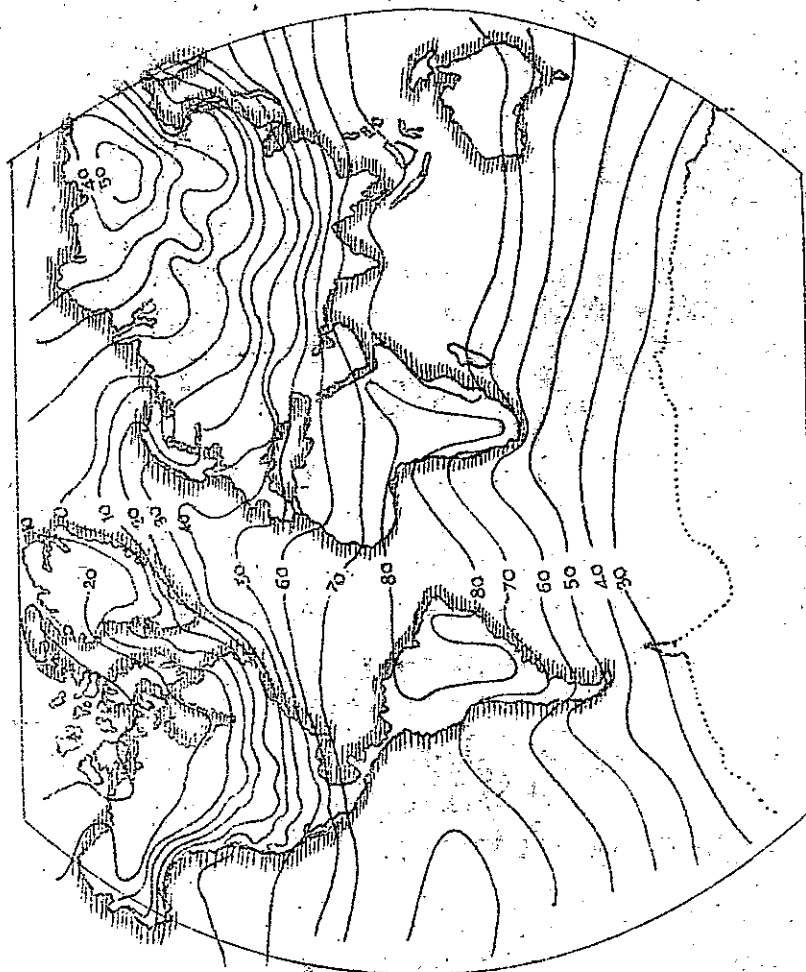
Εἰς τὰ σχήματα 20 καὶ 21 δίδονται μέσαι ὑπερετήσιαι μηνιαῖαι
ἰσοθερμοὶ τῶν μηνῶν Ἰανουαρίου καὶ Ἰουλίου διὰ τὴν Ἑλλάδα (Μα-
ριολόπουλος).

2.2. Μεταβολαὶ τῆς θερμοκρασίας.

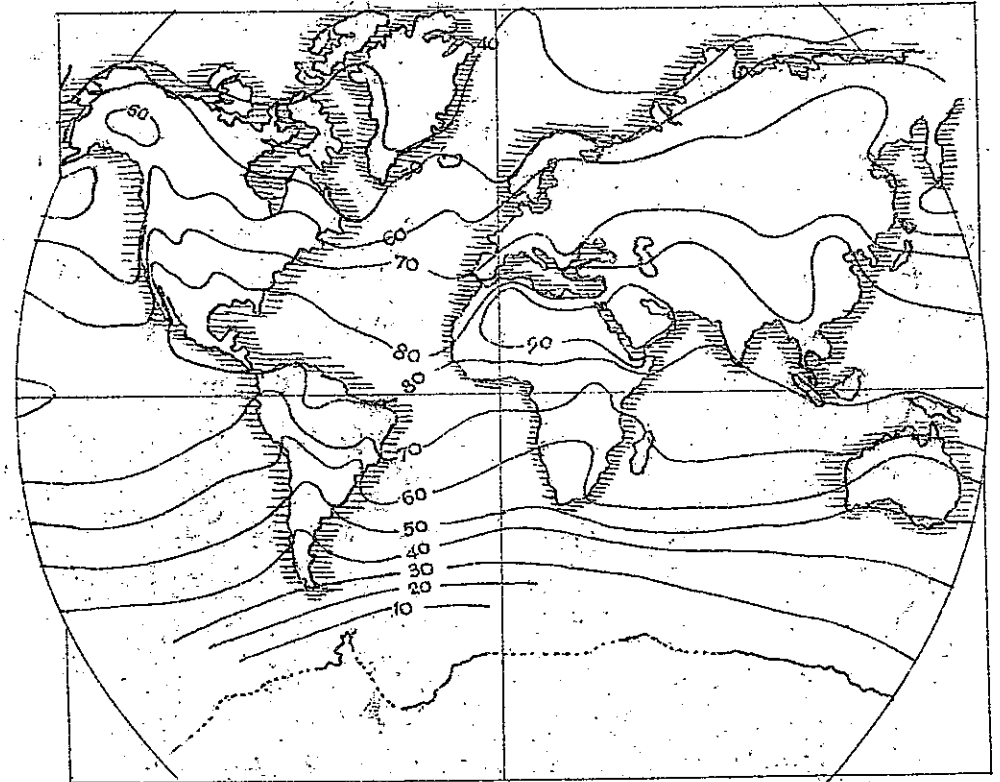
Εἰς οἰονδήποτε σημεῖον τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς αἱ θερμοκρα-
σιαὶ συνδῆκαι ἐξαρτῶνται ἀπὸ:

- τὴν ἔντασιν καὶ τὴν διάρκειαν τῆς προσπιπτούσης ἀκτινοβολίας
ἐξωθεν τῆς ἀτμοσφαίρας εἰς τὸ ὑπ' ὅψιν σημεῖον.

- β) τήν απώλειαν τῆς ἀκτινοβολίας λόγω ἀνακλάσεως, διασπο-
ρᾶς καὶ ἀπορροφίσεως.
γ) τὸ ποσοστὸν τῆς ἐπὶ τοῦ ἐδάφους προσπίπτουσας ἀκτινο-
βολίας ὅπερ ἀνακλᾶται (albedo).
δ) τὴν φυσικὴν εὐέτασιν τῆς ἐπιφανείας (ξηρὰ ἢ θάλασσα).
ε) τὸ ἰσοζύγιον θερμότητος τῆς ἐπιφανειακῆς καὶ ἀτμοσφαιρι-
κῆς (πρὸς τὴν γῆν) ἀκτινοβολίας.
στ) τὰς ἐναλλαγὰς τῆς θερμότητος τὰς ὀφειλομένας εἰς ἐξατμίσιν,
συμπύκνωσιν, πῆξιν καὶ τήξιν τοῦ ὕδατος.



Σχ. 18. Μέση μηνιαία θερμοκρασία - Ιανουάριος.

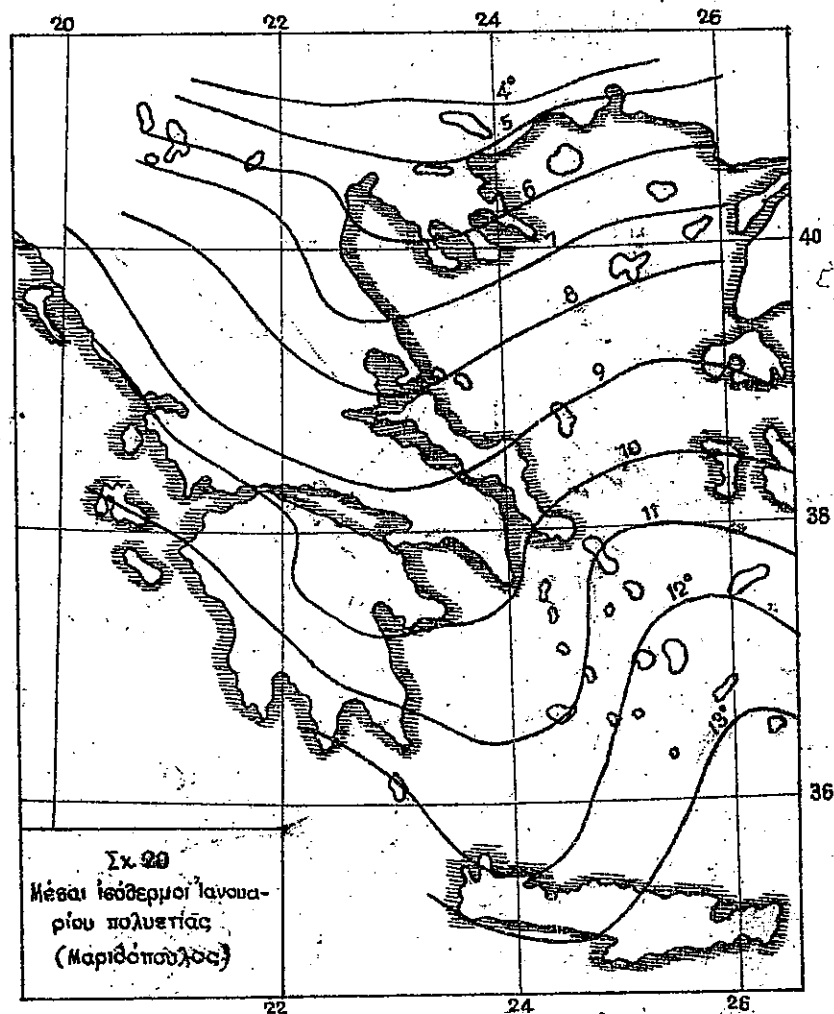


Σχ. 19. Μέση μηνιαία θερμ. ἐπιφανείας - Ιούλιος.

- ζ) εἰσαγωγὴν ψυχρῶν ἢ θερμῶν συνθηκῶν ὑπὸ ὀριζοντίων ρευ-
μάτων ἀέρος καὶ
η) μεταφορὰν θερμότητος πρὸς τὰ ἄνω ἢ κάτω ὑπὸ κατακρύ-
φων ρευμάτων, ὑπὸ μεταφορᾶς θερμότητος (convection) ἢ ὑ-
πὸ τοῦ στροβιλοειδοῦς (turbulence).

α) Πατωτέρω διδόνται αἱ μέσαι ἐπίσται θερμοκρασίαι εἰς Ἑλλάδα
καὶ χερσινικὰς χώρας:

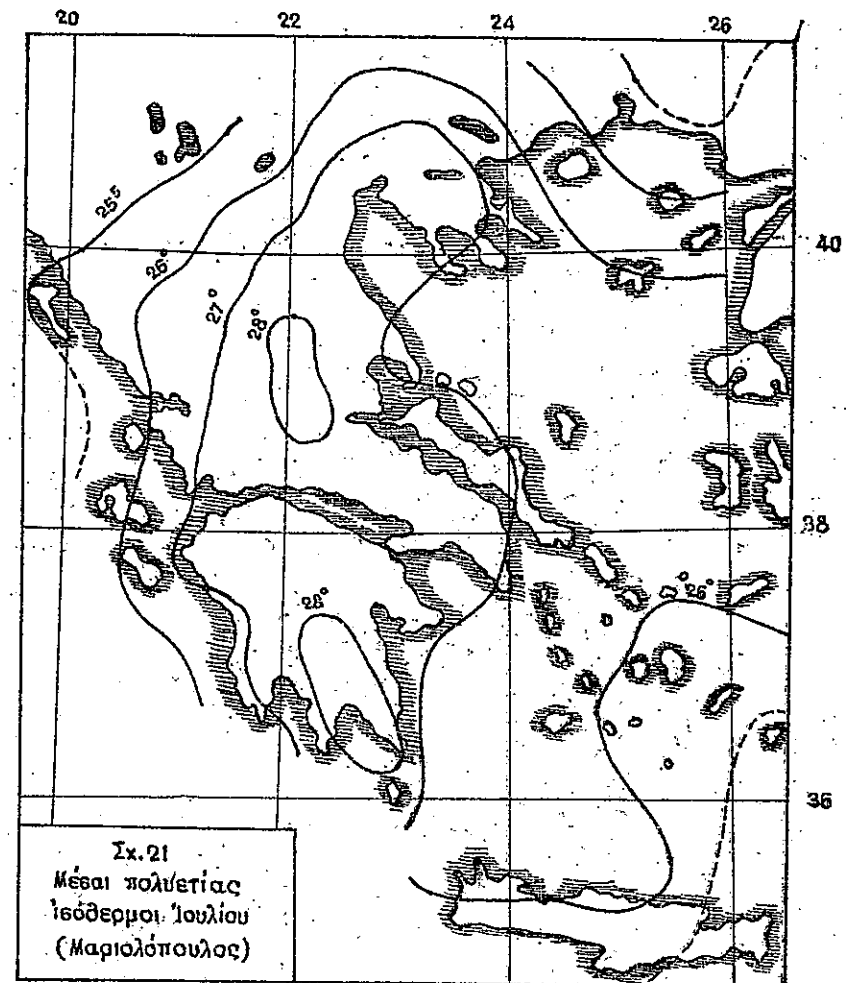
Ἀθῆναι 17,7	Κωνσταντινούπολις 14,1	Ρώμη 15,3°
Κέρκυρα 17,8	Σμύρνην 16,5	Γένοβα 15,9°



Θεσ/κη	17,3	Ραΐρον	21,3	Νίκαια	15,7°
Χανιά	18,2			Μαεβαλία	14,3°
Ιωάννινα	14,2				

Έξ άλλου τό μέγιστον εύρος έπείας διακυμάνσεως					
είναι	εις	Αθήνας	45,5	Βουκουρέστι	55,5
				Ιόφια	52,3
		Τερζέστ	37,2		

ήτοι μεγαλύτεραι διακυμάνσεις παρατηρούνται εις τας ήπειρωτικές πόλεις, ή εις τας παραλίους. Ο θερμικός ήμερινός, διά



τόν αυτόν λόγον, εύρίσκεται βορειότερον του ήμερινού, λόγω των ύψη-
λοτέρων θερμοκρασιών εις τας ήπειρους (βλ. εκ. 18 και 19).

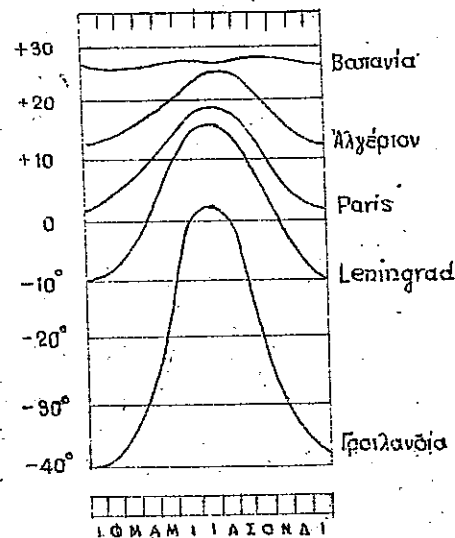
Η έπιρροή ούτω των όρέων και των θαλασσών έμφανίζεται όμοίως
εις τά εκήματα 20 και 21 όπου δείκνυται η εύεργετική έπιρροή της
θαλάσσης διά την θερμοκρασίαν τόσο κατά τό θερος (δροσερώτερον
κλίμα) όσον και κατά τον χειμώνα (ήπιώτεροι θερμοκρασίαι). Έντωθα ι-
σχύουν τά λεχθέντα διά την άκτινοβολίαν (Β. Ι. Ι. Ε).

Αί άπόλυτοι άκραίαι τιμαί εξ άλλου έμφανίζονται επανιώτερον
κατά τά έπ. των παρατηρήσεων. Τό άπολύτως ελάχιστον παρατηρή-

δη εἰς Σιβηρίαν (Verkhoiansk) εἰς $-69^{\circ},8$ με μέγιστον $+31,5$ ἤτοι εὐρος : 101°

Εἰς Ἀθήνας τὸ παρατηρηθὲν μέγιστον εἶναι $41,4^{\circ}$ καὶ ἐλάχιστον $-6,9$ (εὐρος $48^{\circ},3$).

Εἰς τὸ ἐκῆμα 22 δίδονται αἱ ἐτήσια διακυμάνσεις τῆς θερμοκρασίας εἰς σταθμούς με διάφορα γεωγραφικά πλάτη.



Σχ. 22. Ετήσια μεταβολαὶ θερμοκρασίας εἰς διάφορα γεωγραφικά πλάτη.

Εἰς Ἀττικὴν τὸ μέγιστον ἡμερήσιον εὐρος εἶναι $20,9^{\circ}$ τὸ δὲ μέσον $8,02$. Αἱ μεγαλύτεραι διακυμάνσεις παρατηροῦνται τοὺς μήνας Ἀπρίλιον καὶ Νοέμβριον. Εἰς τὸ ἐκῆμα 23 δίδονται αἱ ἡμερήσιαι διακυμάνσεις τῆς θερμοκρασίας εἰς Παριεῖους καὶ δὴ διὰ μίαν θερινὴν καὶ μίαν χειμερινὴν ἡμέραν καὶ συγκρίνονται αὗται πρὸς τὴν μέσων ἐτήσιαν ἡμερίαν διακύμανσιν (βάσις τῶν διακυμάνσεων λαμβάνεται ἡ μέση ἡμερησία θερμοκρασία τοῦ 24 ὧρου).

Ἐκ τοῦ ἐκῆματος προκύπτει ὅτι αἱ θεριναὶ διακυμάνσεις (εἰς βάθρους) ἐντὸς μιᾶς ἡμέρας εἶναι μεγαλύτεραι κατὰ τὸ θέρος ἢ κατὰ τὸν χειμῶνα.

β) Αἱ ἡμερήσιαι θερμοκρασίαι ὑφίστανται ὁμοίως μεγάλας διακυμάνσεις. Τὰ μέγιστα παρουσιάζονται μετὰ τῆς 14^{ης} καὶ 15^{ης} ὥρας εἰς τὰ ἡπειρωτικά κλίματα καὶ μετὰ 13 καὶ 14 εἰς τὰ παραθαλάσσια.

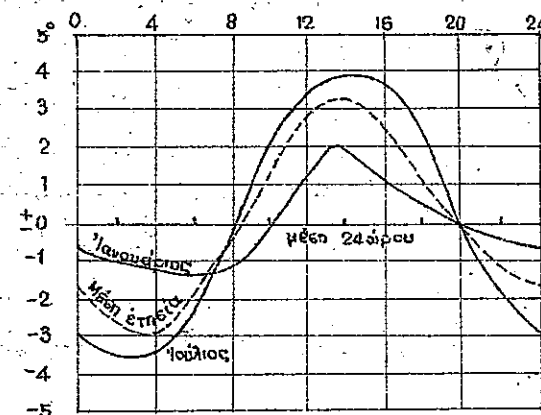
Αἱ ἡμερήσιαι διακυμάνσεις εἶναι μέγισται εἰς τὸν ἱσημερινόν, ἐλαττούμεναι πρὸς τοὺς πόλους.

Εἰς Ἀττικὴν τὸ μέγιστον ἡμερήσιον εὐρος εἶναι $20,9^{\circ}$ τὸ δὲ μέσον $8,02$. Αἱ μεγαλύτεραι διακυμάνσεις παρα-

γ) Ἡ μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας καθ' ὕψος ἔχει συνήθως μίαν περίπου σταθερὰν τιμὴν υπολογιζομένην εἰς ἐλάττωσιν $0,5^{\circ}$ κατὰ 100μ . ὕψος.

Οὕτω μετὰ Ἀθηνῶν καὶ Πάρνηθος παρατηρήθησαν αἱ ἀκόλουθοι διαφοραὶ :

	Αὐγουστος	Ἰανουάριος
Ἀθῆναι (+ 108,0)	23,2	7,6
Πάρνης (+1412,0)	12,2	0
Διαφορὰ +1304,0 μ.	11,0	7,6



Σχ. 23. Μέσων ἡμερήσιαι διακυμάνσεις θερμοκρασίας τὸν χειμῶνα καὶ τὸ θέρος.

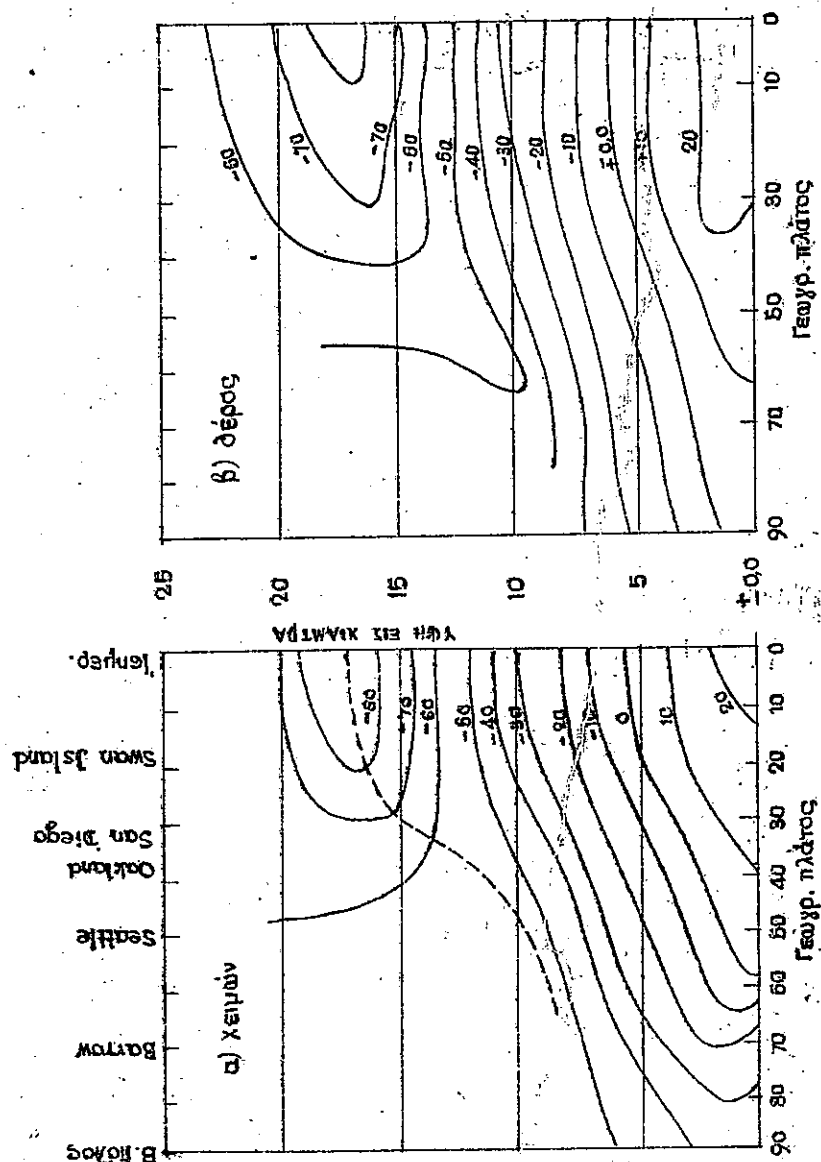
ἐπιτεινομένη καὶ ἐκ τῆς μικροτέρας ποσότητος τῶν ἐν αἰσθησει ὑγλῶν ὕδατος κόνεως κ.λ.π. Ὡς ἐκ τούτου καὶ ἡ ἀπώλεια θερμότητος εἶναι μικροτέρα καὶ ἡ διακύμανσις τῆς θερμοκρασίας οὐκί μεγάλη καὶ ἀνάλογος πρὸς τὴν ὑπεράνω τῶν θαλασσῶν. Ἡ διαφορὰ ὁμοῦς θερμοκρασίας ἀέρος καὶ ἐδάφους εἶναι μεγάλη ($15-25^{\circ}$), διότι αἱ ἀκτι-

Αἱ διαφοραὶ αὗται εἶναι μεγαλύτεραι τὸν χειμῶνα ἢ τὸ θέρος ὥς καὶ ἐπίσης εἶναι ἰσχυρότεροι τὸ ἀπόγευμα ἀπὸ τὴν νύκτα. Ἐξαρτῶνται ἐπὶ πλεον ἐκ τῶν προανατολισμοῦ τῆς κλιτύος.

Εἰς τὰ πολὺ ὕψηλά μέρη, ὅπου ὁ ἀὴρ ἀραιότερος, ἢ ἀπ' εὐθείας ἀπορρόφησης τῆς θερμότητος εἶναι μικροτέρα

νες λόγω της αραιότητας της ατμοσφαιρας είναι αυταπικώτεροι και η ημερησία διακύμανσις της θερμοκρασίας του εδάφους είναι επίσης μεγαλύτερα.

Ομοίως μεγάλην διαφοράν θερμοκρασίας παρουσιάζουν αι υπό εικιάν επιφανείαν του εδάφους ή των τεχνικῶν ἔργων πρὸς τὰς προσηλιαζομένας ταιαυτὰς φθάνουσα ἐνίοτε πολλὰς δε-

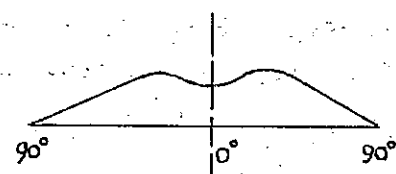


Σκ. 24. Μεταβολαὶ θερμοκρασίας, μετὰ τοῦ ὕψους τῆς ατμοσφαιρας εἰς θαλάσσιον κλίμα (α) χειμῶνα καὶ (β) θέρος (Byers).

κάδας βαθμῶν. Διὰ τὸν ὥς ἄνω λόγον καταβάλλεται ὑπὸ τῶν μηχανικῶν προσπάθεια μειώσεως εἰς τὸ ἐλάχιστον τῶν παχῶν τῶν ἔργων διὰ τῆς μελέτης ἐνίοτε τολμηρῶν κατασκευῶν.

Διὰ μεγάλα ὕψη τῆς ατμοσφαιρας ἡ διαφορὰ αὕτη ἐπιτείνεται ἐπὶ. Εἰς τὸ ἐκῆμα 24 δίδεται ἐγκαρεία τομὴ τῆς γῆς, ἐν ἀκαπτύξει βορείου μεσημβρινοῦ, ἐνθα ἐμφαίνονται αἱ μεταβολαὶ θερμοκρασίας καθ' ὕψος, κατὰ τὸν χειμῶνα καὶ τὸ θέρος.

δ) Τὸ ὕψος τῶν αἰωνίων χιόνων ἀποτελεῖ ἐν ἐπι-



πλέον μέτρον τῆς καμψηῆς θερμοκρασίας εἰς μεγάλα ὕψη. Οὕτω τὸ ὕψος τοῦτο εἶναι μηδὲν εἰς τοὺς πόλους, 500 μέτρα εἰς γεωγραφικ. πλάτος 78° (Spitzberg) καὶ αὐξάνει πρὸς τὸν ἱσημερινόν. Τὸ μέγιστον εἶ-

ναι εἰς τοὺς Τροπικοὺς (βλ. ἐκ. 25).

Ρατωτέρω δίδεται τὸ ὕψος τῶν αἰωνίων χιόνων εἰς τινα ὄρη:

Kiliman Djaru :	πλάτος 3°	ὕψος 5800 βόρ. κλιτύες
Ἄνδεις : Peru :	" 15°	" 5300 vet. "
Χιλή :	" 45°	" 1.700
Ἀραράτ :	" 40°	" 4.400
Πυρηναιία :	" 43°	" 2.800 (βόρ. κλ.)
Mont Blanc :	" 46°	" 2.700 (ὕψος+4810μ)
Γροιλανδία :	"	" 1.000

2.3. Ἀδιαβητικαὶ μεταβολαὶ τῆς θερμοκρασίας.

Ἐπὶ τῆς ατμοσφαιρας ἐφαρμόζονται οἱ νόμοι τῶν ἀερίων, κατὰ δὲ τὴν κίνησιν αὐτῆς καὶ οἱ νόμοι τῆς θερμοδυναμικῆς.

Ἐὰν καλέσωμεν : dE τὴν μεταβολὴν ἐσωτερικῆς ἐνεργείας ἀερίου dW τὸ ἔργον ὅπερ ἐξασκεῖται ἐπ' αὐτοῦ, καὶ $(\Phi. 3^{\circ})$

dQ τήν προσερχομένην θερμότητα τότε ο πρώτος νόμος της θερμοδυναμικής δίδεται υπό της εξίσωσης:

$$dE = dW + dQ \quad (1)$$

Η μεταβολή θέσεως καθ' ύψος του αέρος, συνεπαχόμενη και μεταβολήν θερμοκρασίας, δύναται να λάβη χώραν ευφώνως, προς τὸν ἀνω νόμον (1) ἐξ ἴσου ὅμως λαμβάνει χώραν καὶ ἡ ἀτμόσφαιρα μεταβάλλεται εἰς κῶρον θερμικῶς μεμονωμένον εἰς τρόπον ὥστε θερμότης νὰ μὴ δύναται νὰ εἰσχωρήσῃ ἐντὸς αὐτοῦ οὔτε ἐξ αὐτοῦ νὰ μεταβιβασθῇ πρὸς τὰ ἔξω (ἐφαρμογαὶ λ.χ. εἰς μηχανὰς Diesel, εἰς μηχανὰς φύξεως), ὁπότε εἰς τὴν ἀνω ἐξίσωσιν $dQ = 0$. Εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν τὸ φαινόμενον τοῦτο εὐνοεῖται καὶ ὑπὸ τῆς μικρᾶς ἀγωγιμότητος τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ αέρος.

Τοιοιουτρόπως ἡ θερμοκρασία μάζης ξηροῦ αέρος ἀνερχομένου ἀδιαβατικῶς πῆπται κατὰ 1°C περίπου ἀνὰ 100 μ. ἀνοδοῦ, λόγῳ ἀδιαβατικῆς διαστολῆς αὐτοῦ. Οὕτω προκαλεῖται **δυναμικὴ ψύξις**, καὶ ἡ μονὰς πτώσεως τῆς θερμοκρασίας (1°C ἀνὰ 100 μ.) καλεῖται **ἀδιαβατικὴ μεταβολὴ θερμοκρασίας ξηροῦ αέρος** [dry-adiabatic lapse rate].

Τελείως ἀντιστοίχως ἀνέρχεται ἡ θερμοκρασία κατερχομένου ψυχροῦ ξηροῦ αέρος, λόγῳ αὐξήσεως τῆς πίεσεως καὶ συνεπείᾳ τῆς τοιαύτης ἀδιαβατικῆς συμπίεσεως αὐτοῦ κατὰ τὴν αὐτὴν τιμὴν, τοῦ 1°C ἀνὰ 100 μ. καθόδου, προκαλεῖται **δυναμικὴ θέρμανσις** τοῦ ξηροῦ αέρος.

Ἀνάλογον ἤδη φαινόμενον παρατηρεῖται καὶ εἰς κεκορεσμένον δι' ὑδρατμῶν ἀέρα. Κατὰ τὴν ἀνοδὸν ὅμως τοῦ ὑγροῦ αέρος ἡ προκαλουμένη δυναμικὴ ψύξις προκαλεῖ ψύξιν τῶν ὑδρατμῶν, συμπύκνωσιν αὐτῶν καὶ ἀπτελευθέρωσιν τῆς λανθανούσης ἐν αὐτοῖς θερμότητος (latent heat) ἥτις τῆς ἀποθηκευθείσης κατὰ τὴν ἐξατμίσιν αὐτῶν.

Ἡ οὕτω ἐκλυομένη θερμότης μεῖώνει τὴν ψύξιν τῆς ἀνερχομένης μάζης τοῦ αέρος. Τοιοιουτρόπως ἡ τιμὴ τῆς ἀδιαβατικῆς μεταβολῆς

τῆς θερμοκρασίας κεκορεσμένου αέρος εἶναι μικροτέρα καὶ ἴση περίπου πρὸς τὸ ἥμισυ τῆς τοῦ ξηροῦ αέρος (διὰ τὰ κατώτερα στρώματα τοῦλάχιστον τῆς τροποσφαίρας). Ἐξ ἄλλου ὅμως ἡ περιεκτικότης τοῦ αέρος εἰς ὑδρατμούς ἐλαττοῦται εἰς χαμηλὰς θερμοκρασίας καὶ ἐπομένως ἡ ἐκ τῆς συμπύκνωσεως ἐκλυομένη θερμότης εἶναι μικροτέρα εἰς τὰς ψυχρότερας μάζας τῆς ἀτμοσφαίρας. Συνεπείᾳ τούτου ἡ εἰς τὰς ψυχρὰς μάζας τιμὴ τῆς ἀδιαβατικῆς μεταβολῆς τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὑγροῦ αέρος **τείνει νὰ ἐξισωθῇ** πρὸς τὴν τοῦ ξηροῦ αέρος.

3^α Ἡ ἀτμοσφαιρική πίεσις

3.1. Γενικότητες.

Τὸ μίγμα τῶν ἀερίων ἐξ ὧν εὐχκεῖται ἡ ἀτμόσφαιρα ἔχει βάρος καὶ ἀσκεῖ ἐπὶ τῆς βάσεως αὐτοῦ ἀνάλογον **ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν**.

Ἡ εὐνδεις τῆς ἀτμοσφαίρας, εἰς ἑκατοστιαίαν ἀναλογίαν ὄγκου ἔχει κατὰ τὸν B. Gutenberg ὡς ἑξῆς:

Ἀζωτὸν	78.070	Ἀέρια μεταβλητῆς ἀναλογίας
Ὁξυγόνον	20.950	Ὑδρατμοί 0-4
Ἀργὸν	0.940	Διοξειδίου ἄνθρ. 0-0,03
Χρυστόν	< 0.010	Ὄζον < 0,001
Υδροχόνον	< 0.005	Ἔνα λοιπὰ σώματα :
Ξέονον	< 0.002	Κόνις, καπνὸς, μικροοργανισμοί, χημικὰ ἄλατα.
Νέον	0.0015	
Ἡλίου	0.0004	

Τὸ βάρος τῆς ἀτμοσφαίρας εἰς τὸ ὕψος τῆς θαλάσσης, εἰς πλάτος 45° καὶ εἰς θερμοκρασίαν 0°C εἶναι 1,293 gr/lit. Ἡ ἀτμοσφαιρική πίεσις, διὰ μέσας συνθήκας, εἶναι:

$$1.033 \text{ kg/cm}^2 = 1 \text{ at}$$

και αντιστοιχεί εις πίεσιν επίλης υδραργύρου 760 χιλιοστών. Η πίεσις αυτή ελαττούται μετα του ύψους, εφ' όσον μειούται η υπερκείμενη ατμοσφαιρική επίλη. Η ελάττωσις της πίεσεως έχει ως συνέπειαν την ελάττωσιν της πυκνότητος της ατμοσφαιρας και ως εκ τούτου η μείωσις της πίεσεως μετα του ύψους κατ' αρχάς είναι ταχύτερα.

Ο κατωτέρω πίναξ δίδει την ατμοσφαιρικήν πίεσιν εις χιλιοστά επίλης υδραργύρου δια διάφορα ύψη και διαφόρους θερμοκρασίας υπό την προϋπόθεσιν πίεσεως της θερμοκρασίας κατά 0,5° ανά 100 μ. ύψους και δια κεκορεσμένον εξ υδρατμών αέρα:

Θερμοκρασία

Ύψόμετρον, μ.	-15	0	+15°	+30°
0,0	760	760	760	760
500	711	713	715	713
1000	665	670	675	679
2000	581	590	598	606
3000	505	517	528	539
4000	439	453	466	479
5000	380	395	410	424
10000	176	193	209	224

Εις τα όρια της ατμοσφαιρας και μέχρι ύψους 65 km η πίεσις ανέρχεται εις 0,05 χιλιοστά υδραργύρου.

Η εκέσις μεταξυ των ατμοσφαιρικών πιέσεων B και b (εις χιλιοστά Hg) δύο σημείων ευρίσκομένων επί επίλης έχουσης ύψομετρικήν διαφορά H (εις μ) δια μέσων θερμοκρασίαν t_m (εις βαθμούς °C) δίδεται υπό του τύπου.

$$H = 18400 \left(1 + \frac{t_m}{273}\right) (\log B - \log b).$$

όπου διδομένων των τριων μεγεθων ευρίσκεται το τέταρτον.

Η ατμοσφαιρική πίεσις εις τους συγχρόνους μετεωρολογικούς χάρτας δίδεται εις χιλιοστοβάρα (millibar, mb) όπου:

$$1 \text{ mb} = 1/1000 \text{ bar} = 1000 \text{ Dyn/cm}^2 \quad (1 \text{ bar} = 1 \times 10^6 \text{ Dyn/cm}^2)$$

Έχομεν: όθεν:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 1033,6 \times 980,6 = 1.013.250 \text{ Dyn} = 1.01325 \text{ b} = 1013,25 \text{ mb}.$$

$$\text{και } 1 \text{ mm Hg} = 1,332 \text{ mb} \quad \eta \quad 1 \text{ mb} = 0,75006 \text{ mm Hg}.$$

Η αντιστοιχία χιλιοστοβάρων πίεσεως και ύψους της ατμοσφαιρας έχει ως εξής:

mb	1000	500	225	96	40,96	17,48
H	~0	5500	11950	18750	25550	32400

3.2. Μέτρησις της ατμοσφαιρικής πίεσεως.

Η μέτρησις της ατμοσφαιρικής πίεσεως γίνεται δια των βαρομέτρων κατατασσόμενων εις τους εξής τύπους:

α) Υδραργυρικά μανόμετρα τα και ακριβέστερα (τύποι: Fortin, Renou, Gay-Lussac).

β) Μεταλλικά βαρόμετρα, εστηριζόμενα εις την αλλαγήν του εκήματος κοίλων μεταλλικών δοχείων υφισταμένων την πίεσιν της ατμοσφαιρας. (Άνεροειδῆ βαρόμετρα). Τα δοχεία είναι κυλινδρικά (μέ κυματιστόν έλασμα όροφης η και παρειών, φερόντα έσωτερικώς ελατήρια) η ενίοτε δακτυλιδοειδῆ εκ μεταλλικού σωλήνος.

γ) Ύψομετρικά θερμόμετρα, βασίζόμενα εις την αρχήν ότι το ύδωρ βράζει εις θερμοκρασίαν καθ' ην οι ατμοί αυτού έχουν την πίεσιν της ατμοσφαιρας. Δια ακριβοῦς όθεν προσδιορισμοῦ της θερμοκρασίας βρασμοῦ εις έκαστον τόπον και της αναχνώσεως εξ υπάρχουντων πινάκων της τάσεως υδρατμών εις την παρατηρουμένην θερμοκρασίαν βρασμοῦ, ευρίσκομεν την ατμοσφαιρικήν πίεσιν.

Δια να έχωμεν συνεχῆ την πορείαν της ατμοσφαιρικής πίεσεως ενός χρόνου χραιομοποιούμεν αὐ το γραφει βαρόμετρα η

βαρογράφους (βλ. εχ. 27).

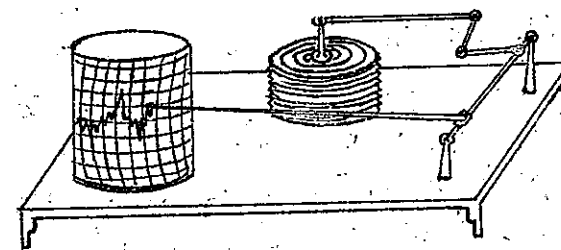
3.3. Μεταβολαί της ατμοσφαιρικής πίεσως και καταγραφὴ αὐτῶν.

Ἡ ατμοσφαιρική πίεσις συνήθως μετὰ τῶν ἄλλων ὁμοῦ ατμοσφαιρικῶν φαινομένων φέρεται εἰς χάρτας, ἔνθα ἐνοῦνται τὰ σημεῖα μέτρησιν αὐτῆς πίεσιν καὶ χαράσσονται οὕτω αἱ ἰσοβαρεῖς καμπύλαι (βλ. εχ. 26).



Σχ. 26. Καιρικός χάρτης τῶν Η.Π.Α. δεικνύων τὴν ατμοσφαιρικήν πίεσιν εἰς χιλιοστοῦαρα (ἀνηχυσμένην εἰς στάθμην θαλάσσης) τὰ μέγιστα τῶν πιέσεων (H, στικυκλώνες) τὰ ἐλάχιστα αὐτῶν (L, κυκλώνες) καὶ τὰς κατευθύνσεις τῶν ἀνέμων.

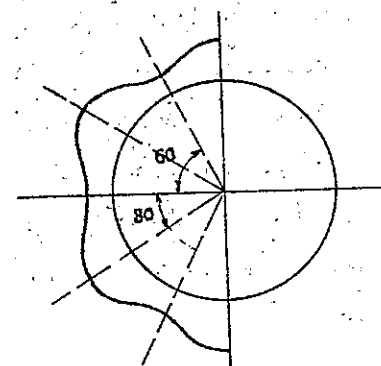
Ἡ ατμοσφαιρική πίεσις ὑφίσταται ἡμερησίως διακυμάνσεις παρουσιάζουσα δύο μέγιστα καὶ δύο ἐλάχιστα ἐντὸς τοῦ εἰκοσιτετραώρου ἐξαρτώμενα ἀπὸ τὰς γενικὰς μετεωρολογικὰς συνθήκας (γεωγραφικὸν πλάτος, διανομὴ ἀκτινοβολίας καὶ θερμοκρασίας, τοπογραφικὰς συν-



Σχ. 27. Βαρογράφος.

θήκας κλπ.).

Αἱ ἐτήσιαι διακυμάνσεις, ὀφείλονται, ἐπίσης εἰς τὰ αὐτὰ αἷτια. Γεωγραφικαὶ διακυμάνσεις τῆς πίεσως παρατηροῦνται ὁμοίως, ὡς εἰς εχ. 28, ὅπου ἐμφανίζονται τὰ μέγιστα τῆς πίεσως εἰς πλάτη 30° καὶ τοὺς πόλους καὶ ἐλάχιστα εἰς πλάτη 60° καὶ τὸν ἰσημερινόν.



Σχ. 28. Μεταβολαί πίεσως μετὰ τοῦ πλάτους.

4^{ον} Ἄνεμοι

4.1. Δημιουργία τῶν ἀνέμων καὶ μορφαί ροῆς αὐτῶν.

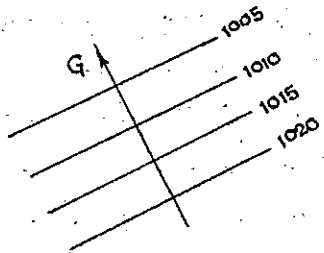
Τὸ κύριον αἷτιον δημιουργίας ροῆς τῶν μορίων τῆς ατμοσφαίρας, ὡς εἶδομεν ἤδη, ἀποτελεῖ ἡ μεταβολὴ τῆς βαρομετρικῆς πίεσως, ἥτις πάλιν προέρχεται κυρίως ἀπὸ τὰς

μεταβολάς της θερμοκρασίας.

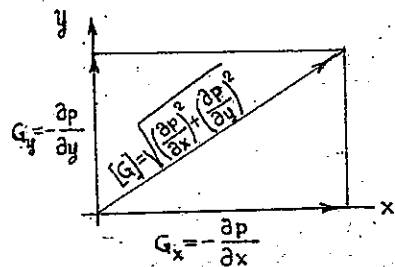
Τὰ δύο ταῦτα μεγέθη ἀλληλεπηρεάζονται ἐξ ἄλλου ἀπὸ τὰς κινήσεις τῆς γῆς, τὸ γεωγραφικὸν πλάτος, τὴν διανομὴν ἡπείρων καὶ θαλασσῶν.

Αἱ κύριαι δυνάμεις διὰ τὴν κίνησιν τῶν μορίων εἶναι ἡ μεταβολὴ τῆς πίεσεως καὶ αἱ ἐκ τῆς περιστροφῆς τῆς γῆς προκύπτουσαι δύναμεις. Δε αὗται, ἀναλυτικῶς ἐξεταζόμεναι νὰ δώσουν τὴν βάσιν τοῦ πρώτου ὑπολογισμοῦ τῆς ροῆς τῶν ἀνέμων.

α) Μεταβολὴ τῶν πιέσεων. Ἡ μεταβολὴ τῶν πιέσεων χαρακτηρίζεται, ὡς γνωστὸν καὶ ἐκ τῆς ὑδρομηχανικῆς, διὰ τῆς κλίσεως τῆς πιεζομετρικῆς γραμμῆς, ἣτις ἐνταῦθα διδεται διὰ τῆς ἀποστάσεως τῶν ισοβαρῶν καμπύλων (βλ. ε.κ. 26).



Σχ. 29. Ἰσοβαρεῖς, κλίσις πίεσεως καὶ δυνάμει.



Σχ. 30. Συνιστώσας τῆς πίεσεως.

Εἰς τὸ σχῆμα 29 διδονται ἰσοβαρεῖς καμπύλαι εἰς χιλιοστόβαρα καὶ G ἡ εἰς τὴν μονάδα τοῦ ὄγκου δύναμις ἡ προκύπτουσα ἐκ τῆς πιεζομετρικῆς διαφορᾶς.

Ἡ εἰς τὴν μονάδα τῆς μάζης δύναμις ἔσται $\frac{1}{\rho} G$ (ἐνθα ρ ἡ πυκνότης) καὶ δὲ ἰσῶται αὕτη μὲ:

$$\frac{1}{\rho} G = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}$$

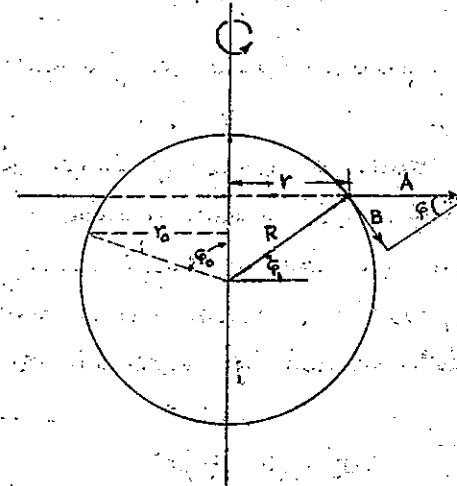
ἐνθα $\frac{\partial p}{\partial n}$ δὲ εἶναι ἡ μεταβολὴ τῶν πιέσεων p κατὰ τὴν κάθετον (n) εἰς αὐτῶν κατεύθυνσιν. Ἡ δύναμις αὕτη δὲ ἔχει συνιστώσας κατὰ τὰς δύο καρτεσιανὰς συντεταγμένους (βλ. ε.κ. 30).

$$F_x = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \quad \text{καὶ}$$

$$F_y = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y}$$

β). Δυνάμεις ὁρῶν τῆς περιστροφῆς τῆς γῆς.

Ἐάν ἐν μόνιον τῆς ἀτμοσφαίρας ἀκίνητη παρὰ τὴν ἐπιφανείαν τῆς γῆς, τοῦτο δὲ περιστρέφεται μετ' αὐτῆς ἡ δὲ πρὸς τοὺς πόλους συνιστῶσα τῆς πραγματικῆς ἑλῆσεως δὲ ἰσορροπεῖται ὑπὸ τῆς πρὸς τὸν ἰσημερινὸν συνιστώσεως τῆς κεντροφύγου δυνάμεως (βλ. ε.κ. 31). Ἐάν τὸ μόνιον τοῦτο ἤδελεν τεθεῖ εἰς σχετικὴν πρὸς τὴν γῆν κίνησιν,



Σχ. 31. Κινητὸν μόνιον ἐπὶ τῆς στρεφόμενης γῆς.

τότε δὲ ἐμφανίσῃ τοῦτο φαινόμεν. Ἡ κίνησις αὕτη πρὸς ταύτην:

Ἐστω ὅτε μόνιον τι, εἰς βόρειον γεωγραφικὸν πλάτος ϕ κείμενον, κινεῖται εἰς τὸν παράλληλον τοῦ κύκλου μέταχύτητα u ἐκ δυσμῶν. Ἐστω u ἡ περιφερειακὴ ταχύτης τῆς γῆς εἰς τὸ σημεῖον αὐτό:

$u = r \cdot \omega$ ἐνθα ω ἡ σταθερὰ τῆς γῆς γωνιακὴ ταχύτης.

Τὸ ὑπ' ὄψιν μόνιον, λόγῳ τοῦ δυτικῶς ἀνέμου, ὑφίσταται φαινόμεν. κίν. κεντροφύγον ἐπιτάχυνσιν ὁρῶν τῆς νῦν μεγαλύτερας αὐτοῦ ταχύτητος. Ἡ ὁλικὴ κεντροφύξ. δύναμις A ἔχει συνιστῶσαν πρὸς τὸν ἰσημερινὸν B τείνουσαν νὰ ἐκφευδονίσῃ τὸ μόνιον εἰς μικρότερον πλάτος, με κατεύθυνσιν $B \rightarrow N$. Ἡ δύναμις αὕτη B ἔσται:

$$B = A \cdot \eta \mu \phi = (u + u)^2 \frac{\eta \mu \phi}{r} \quad \text{ἥτοι:}$$

$$(1) \quad B = \frac{u^2}{r} \eta \mu \phi + \frac{2u \cdot u \cdot \eta \mu \phi}{r} + \frac{u^2 \eta \mu \phi}{r}$$

Ὁ πρῶτος ὅρος τῆς ἐξισώσεως ἰσορροποῦμενος, ὡς ἀνωτέρω ἑλέχθη, ὑπὸ τῆς πρὸς τὸν πόλον συνιστώσεως τῆς πραγματικῆς ἑλῆσεως.

ἀπαλείφεται. Ο τρίτος όρος εἰς ἄλλου, παριστῶν τὴν κεντροφύγα δύναμιν τοῦ μορίου κινουμένου ἐπὶ ἀκίνητου ἐπὶ γῆς, εἶναι πολὺ μικρὸς (μέγισται εὐνηθῆεις τιμαὶ τοῦ ἀνέμου $u=80$ κιλ/ώραν, ἐναντι $U=840$ κιλ/ώραν εἰς τὸ πλάτος $\varphi=60^\circ$) καὶ παραλείπεται. Ἐχομεν ὁδὸν, μὲ ἀρκετὴν προσέγγισιν.

$$(1') \quad B = \frac{2u \cdot \eta \cdot \mu \cdot \varphi}{r} = \frac{2u \cdot r \cdot \Omega \cdot \eta \cdot \mu \cdot \varphi}{r} = u \cdot 2 \Omega \eta \mu \varphi.$$

ἐνθα. $2 \Omega \eta \mu \varphi = f [\text{sec}^{-1}]$ ἡ γνωστὴ παράμετρος τοῦ G. Coriolis (Paris 1884) (βλ. ἀνωτέρω Α.2.6.).

Θεωρήσωμεν ἥδη μῆριον εἰς πλάτος φ_0 ($r_0 = R \eta \mu \varphi_0$) βαῖνον μετὰ ταχύτητα (κατὰ τοῦ μεσημβρινῶν του) u πρὸς ἐννεμῖον πλάτους φ ($r = R \eta \mu \varphi$) ὅπου ἀπασκᾷ εὐνιστώσαν τῆς ταχύτητος του ἐκδυεμῶν πρὸς ἀνατολὰς ἴσην μετὰ u . Τότε ἐξ ὅσου ἡ ἀπόλυτος γωνιακὴ ποσότης κινήσεως παραμένει σταθερὰ δι' ἔχωμεν τὴν ἐξίσωσιν:

$$\Omega r_0^2 = (\Omega + \omega) r^2 \quad \eta \quad \Omega r_0^2 = \left(\Omega + \frac{u}{r}\right) r^2$$

ἥτοι (2) $u = \frac{\Omega r_0^2}{r} - \Omega r$ καὶ ἡ φαινομενικὴ ἐπιτάχυνσις πρὸς ἀνατολὰς διδ. εἶναι

$$(3) \quad \frac{du}{dt} = -\frac{\Omega r_0^2}{r^2} \frac{dr}{dt} - \Omega \frac{dr}{dt}$$

Ραλοῦντες καὶ τὴν σταθερὰν ποσότητα Ωr_0^2 λαμβάνομεν:

$$(4) \quad \frac{du}{dt} = -\left(\frac{k}{r^2} + \Omega\right) \frac{dr}{dt}$$

καὶ ἔχοντες: $r = R \eta \mu \varphi$, $\frac{dr}{dt} = -R \eta \mu \varphi \frac{d\varphi}{dt}$ καὶ $\frac{k}{r^2} = \Omega + \omega = \Omega + \frac{u}{r}$

λαμβάνομεν:

$$\frac{du}{dt} = (\omega + 2\Omega) u \eta \mu \varphi \quad \text{καὶ ἐπειδὴ } \omega \ll \Omega$$

$$(5) \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{du}{dt} = 2 \Omega \eta \mu \varphi \cdot u = u \cdot f \\ \frac{dv}{dt} = -2 \Omega \eta \mu \varphi \cdot u = -u \cdot f \end{array} \right\} \quad \text{ἐνῶ εὐρομεν (1')}$$

ὅπου ὁ θετικὸς ἄξων τῶν x πρὸς ἀνατολὰς καὶ τῶν y πρὸς βορρᾶν, ἄρα $+u$, $+u$ παριστῶν ἀνέμους πνέοντας πρὸς βορρᾶν καὶ ἀνατολὰς καὶ $-u$, $-u$ πνέοντας πρὸς νότον καὶ δυσμᾶς.

γ). Συνισταμένη πιέσεων καὶ περιετροφῆς, Γεωτροφικοί ἄνεμοι.

Ἡ συνισταμένη τῶν δύο ὡς ἄνω κατηγοριῶν δυνάμεων, ἐξεσκουμένη ἥδη ἐπὶ τῶν μορίων δίδει εὐνιδετον κίνησιν διδόμενῃν ὑπὸ τῶν ἐξισώσεων:

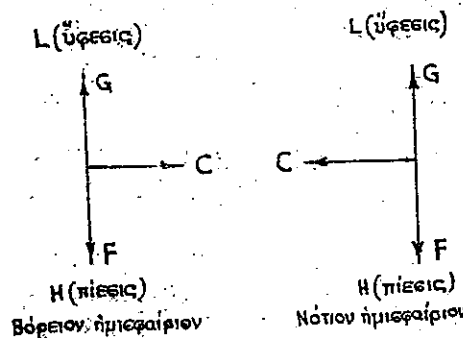
$$\left. \begin{array}{l} -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = -2 \Omega u \eta \mu \varphi = -f \cdot u \\ -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = +2 \Omega u \eta \mu \varphi = +f u \end{array} \right\} \quad \eta \quad \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = 2 \Omega \eta \mu \varphi \cdot C$$

$$\eta \quad \boxed{C = \frac{G}{\rho f}} \quad (6)$$

ἐνθα C ἡ συνισταμένη ταχύτης καὶ $G = -\frac{\partial p}{\partial x}$

Οἱ ἄνεμοι οὗτοι προσερχόμενοι ἐκ τῆς διαφορᾶς τῶν πιέσεων καὶ τῆς κεντροφύγου δυνάμεως τῆς γῆς ἐπὶ τῆς ταχύτητος τοῦ ἀνέμου καλοῦνται, **Γεωτροφικοί ἄνεμοι**.

Εἰς τὸ βόρειον ἡμισφαίριον ἡ κατεύθυνσις τῶν ἀνέμων τούτων εἶναι κάθετος εἰς τὴν κατεύθυνσιν τῶν ἴσων καὶ ἀντιθέτων τῶν δύο ἐνεργουσῶν δυνάμεων G (κλίσις τῆς πίεσεως) καὶ F (δύναμις λόφῃ γωνίας περιετροφῆς).



Σχ. 32. Κατεύθυνσις γεωτροφικῶν ἀνέμων.

Τοιοῦτοτρόπως οἱ ἄνεμοι βαίνουν τελικῶς παράλληλοι πρὸς τὰς ἰσοβαρεῖς γραμμὰς καὶ οὐκ ἀδεοῖ (βλ. καὶ σχῆμα 26).

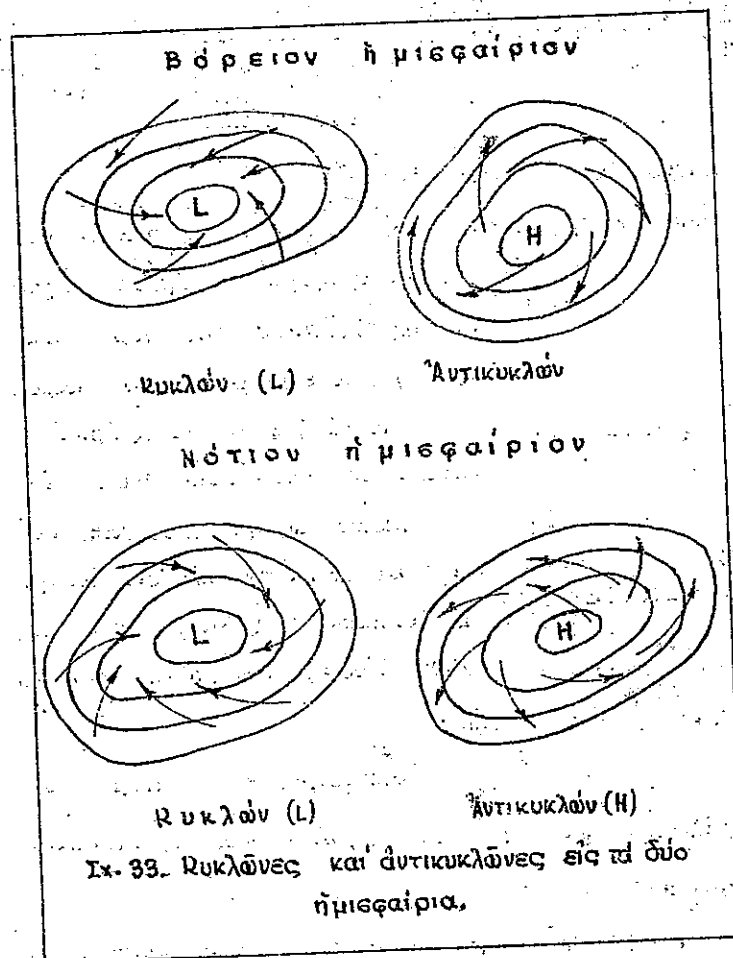
Οἱ γεωτροφικοὶ ἄνεμοι εἶναι μεγαλύτεροι, ὅσον αἱ ἰσο-

βαρείς καμπύλαι είναι πλησιέστεραι, το γεωγραφικόν πλάτος μικρότερον καί η πυκνότης αραιότερα.

Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω σχήματος προκύπτει καί ὁ νόμος τοῦ Buys Ballot: Ἐν ἴσταται ὡς εἰς τὸ Β. ἡμισφαίριον μέ τὰ νῆα πρὸς τὸν ἄνεμον, ἡ πίεσις εὐρίσκεται δεξιὰ ἢ δέ ὕψισις ἀριστερά: Εἰς τὸ Ν. ἡμισφαίριον ἡ ὕψισις εἶναι δεξιὰ καί ἡ πίεσις ἀριστερά. (βλ. καὶ σχῆμα 33).

δ). Κυκλώνες καὶ ἀντικυκλώνες:

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι ἡ ροή τῶν ἀνέμων ἀπὸ εὐθύγραμμος γίνεται κυκλική: αἱ προκύπτουσαι κλεισταὶ καμπύλαι τροχιαὶ ὅταν ἔχουν εἰς τὸ κέντρον αὐτῶν χαμηλὴν πίεσιν (ὕψισιν, Low) καλοῦνται



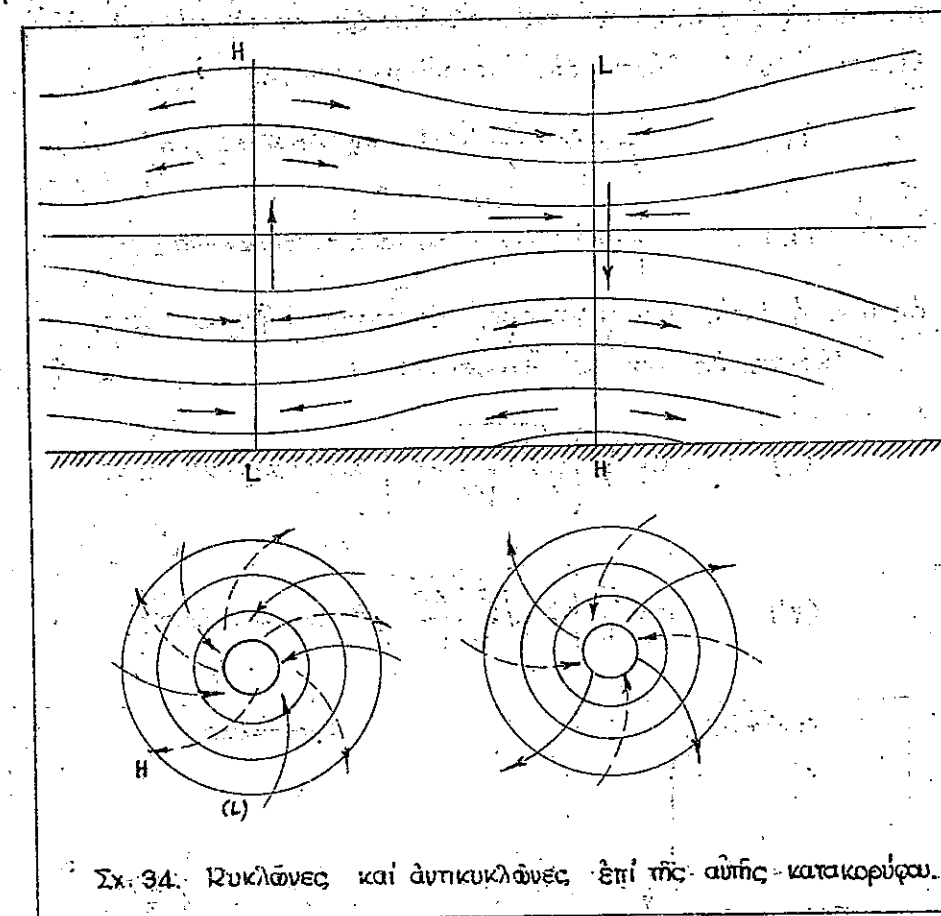
κυκλώνες, ὅταν δὲ ἔχουσιν κέντρον τὴν ὕψηλὴν πίεσιν (πίεσιν H) καλοῦνται ἀντικυκλώνες. Ἡ φορά τούτων εἶναι ὁμοίαν εἰς τὸ βόρειον ἢ τὸ νότιον ἡμισφαίριον, ὡς ἐμφαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 33.

Οἱ κυκλώνες ἔχουν συνήθως διάμετρον ἑκατοντάδας τινὰς χιλιομέτρων, οἱ δὲ ἀντικυκλώνες εἶναι

κατὰ τι μεγαλύτεροι καὶ πλέον ἐπιμήκει, ἔχοντες ἐνίοτε κατὰ τὸν μεγαλύτερον ἄξονα μῆκος φθάνον τὰς 3.000 χιλιόμετρα.

Ἐνίοτε ὁ πολὺς κόσμος, καλεῖ κυκλώνας ἰσχυρὰς καταιγίδας μικρὰς διαμέτρου, αἵτινες πρέπει νὰ καλοῦνται τυφῶνες.

Οἱ κυκλώνες καὶ ἀντικυκλώνες δύνανται νὰ εἶναι ἀντίθετοι εἰς τὴν αὐτὴν θέσιν κατὰ διαφορά ὕψους, ὡς ἐμφαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 34, ἀναχόμενον εἰς τὸ Β. ἡμισφαίριον.



Τὸ κύριον εἶδος τῶν κυκλώνων εἶναι συνήθως ψυχρόν, τὸ δὲ τῶν ἀντικυκλώνων ὁμοίως θερμόν. Δι' αὐτὸ καὶ ἡ βροχὴ ἥτις ἐμφανίζεται ἐν τῷ τῶν κυκλώνων ὀφείλεται εἰς κίνησιν τοῦ ἀέρος πρὸς τὰ ἄνω, οὗτου ὅπου ἀποτονόυται ψυχόμενος, ἐνῶ ἀντιθέτως οἱ ἀντικυκλώνες, διὰ

της προς τα κάτω κινήσεως, εκ των άνω, φέρουσιν αἰθρίαν.

ε) Κεντροφυγική δύναμις τοῦ ἀνέμου. Ἀνεμοὶ κλίσεως.

Κατὰ τὴν περιδίνουσαν τοῦ ἀνέμου τὴν ὀφειλομένην εἰς τὰς δύο ἐν αὐτῷ ἐνεργούσας δυνάμεις (§§ α καὶ β) ἀναπτύσσεται καὶ κεντρομόλος δύναμις ἐπὶ τῶν μορίων δι' ἣν εἰς τὴν μετεωρολογίαν συνήθως λαμβάνεται ἡ ἀντίστοιχος αὐτῆς κεντροφύγ. δύναμις. Ἡ δύναμις αὕτη ($\frac{C^2}{r}$) ἐπιπροστίθεται εἰς τὰς δύο προηγουμένας καὶ ἡ ἐξίσωσις (6) λαμβάνει τὰς ἀκολουθούσας μορφάς:

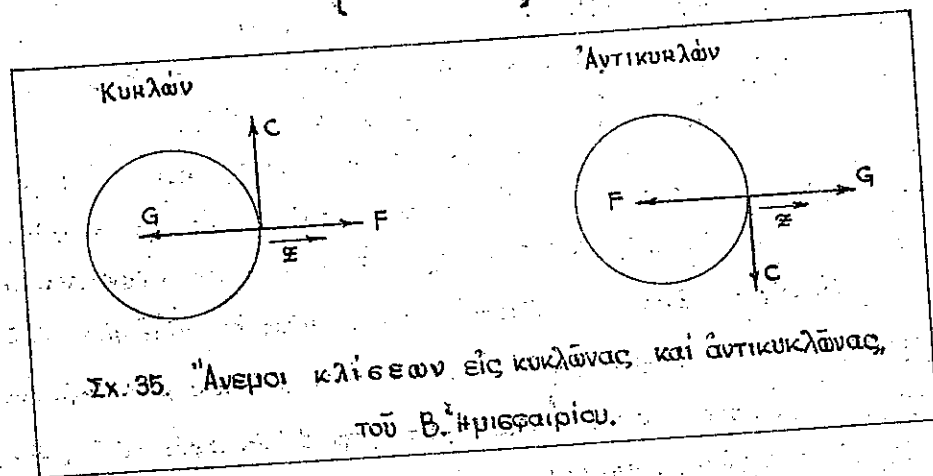
$$(6') \quad \frac{G}{\rho} = fC + \frac{C^2}{r} \quad \text{διὰ τοὺς κυκλῶνας} \quad \eta'$$

$$(6'') \quad \frac{G}{\rho} = fC - \frac{C^2}{r} \quad \text{διὰ τοὺς ἀντικυκλῶνας}$$

ὅπου r ἡ ἀκτίς καμπυλότητος τῆς πραγματικῆς κινήσεως. Λύοντες ὡς πρὸς C , ἔχομεν:

$$(7) \quad C = \frac{r}{2} \left[\sqrt{f^2 + \frac{4G}{\rho r}} - f \right] \quad \text{διὰ κυκλῶνας καὶ}$$

$$(7') \quad C = \frac{r}{2} \left[f - \sqrt{f^2 - \frac{4G}{\rho r}} \right] \quad \text{διὰ ἀντικυκλῶνας.}$$



Ὁ ἄνεμος, μὲ ταχύτητα C τὰρα καλεῖται ἄνεμος κλίσεως (gradient wind) προκύπτει ἐκ τῶν τριῶν συνιστασῶν δυνάμεων (κλίσις πιέσεων G , Coriolis F , κεντροφύγ.) ὡς παρίσταται γραφικῶς εἰς τὸ σχῆμα (35).

στ.) Εὐλήριοι ἄνεμοι.

Εἰς τοὺς τροπικοὺς κυκλῶνας μεγάλης ἐντάσεως καὶ μικροῦ γεωγραφικοῦ πλάτους ἡ γεωτροφική δύναμις εἶναι πολὺ μικρά ($\phi \rightarrow 0$) καὶ ἐπομένως ἡ κλίσις τῆς πιέσεως ἰσορροπεῖται μόνον ὑπὸ τῆς κεντροφύγης δυνάμεως τοῦ ἀέρος. Τότε ἔχομεν:

$$(8) \quad \frac{G}{\rho} = \frac{C^2}{r} \quad \text{καὶ} \quad C = \sqrt{\frac{rG}{\rho}} \quad (8')$$

Λόγω τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τοῦ G , ἐμφαίνεται ὅτι ἡ ταχύτης C δὲν δύναται νὰ ἔχῃ πραγματικὴν τιμὴν ἐὰν ἡ G ἔχῃ ἀρνητικὴν τιμὴν, ἥτοι ὅταν ἡ διανομὴ τῶν πιέσεων εἶναι ἀντικυκλωνική, ὁποῦθεν συμπεραίνομεν ὅτι οἱ ἀντικυκλῶνες δὲν πραγματοποιοῦνται ὡς σταθερὰ συστήματα εἰς μικρὰ γεωγραφικά πλάτη.

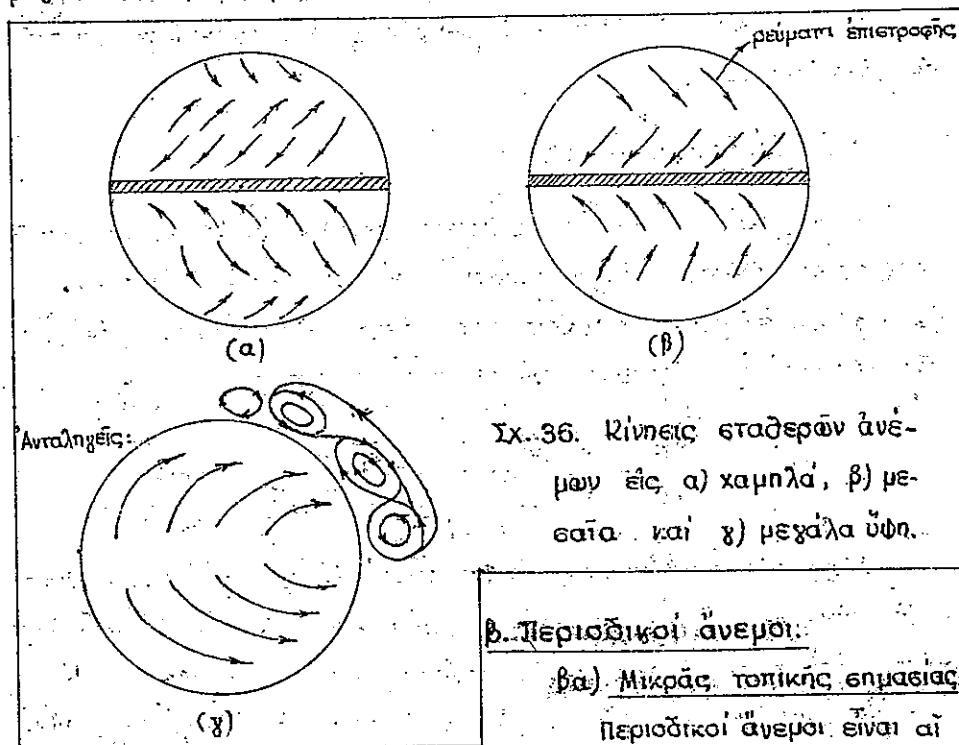
4.2. Κατηγορίαι ἀνέμων.

Οἱ ἄνεμοι διακρίνονται εἰς διαφόρους κατηγορίας δυνάμενας νὰ καταταγῶσιν εἰς τὰς ἀκολουθούσας ομάδας:

α) Σταθεροὶ β) Περιοδικοὶ γ) Τοπικοὶ καὶ δ) κυκλῶνες.

α. Σταθεροὶ ἄνεμοι. Οὗτοι ὀφείλονται κυρίως εἰς τὰ ἐν γενικαῖς γραμμαῖς αἴτια τῆς κυκλοφορίας τῶν ἀνέμων ἐπὶ τῆς γῆς καὶ δὲν ἐπηρεάζονται ἀπὸ τοπικὰς ἢ ἐποχιακὰς συνθήκας. Εἰς τοὺς ἀνέμους τούτους κατατάσσονται οἱ ἀνωτέρω λεπτομερῶς ἐξετασθέντες ὁλκλινοὶ ἄνεμοι (passat, trade-winds, alizes) ἔχοντες διαφόρους μορ-

φας εις τα διαφορα ύψη και εμφανιζόμενοι ως ανταληγείς εις
μεγάλα ύψη βλ. σχ. 36.



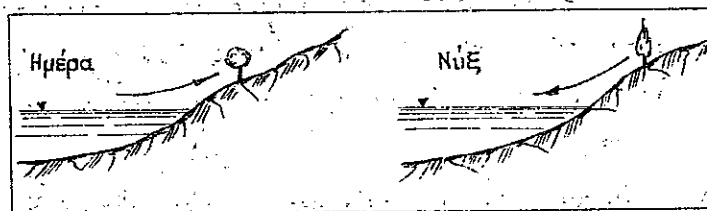
Σχ. 36. Κινήσεις σταθερών ανέμων εις α) χαμηλά, β) μεσαία και γ) μεγάλα ύψη.

β. Περιοδικοί άνεμοι.

βα) Μικράς τοπικής σημασίας.

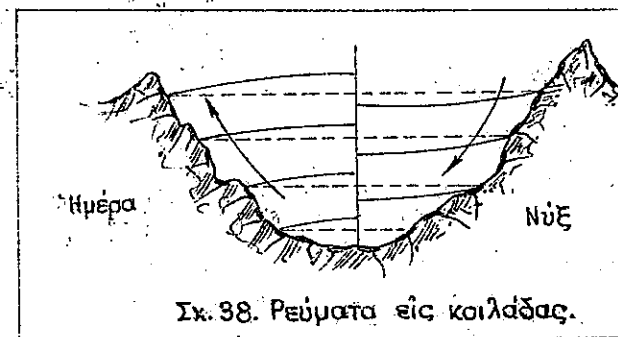
Περιοδικοί άνεμοι είναι αι

αύρα αιτίνες οφείλονται εις την διαφοράν θερμαντικού της ξηράς και της θαλάσσης και πνέουν την ημέραν προς την ξηράν (ένθα ανερχεται η θερμοκρασία και ελαττώνται η πίεσις) την δε νύκτα προς την θαλάσσαν (ήτις είναι θερμότερα) ως εμφανίζεται εις το σχήμα 37.



Σχ. 37. Θαλασσία και απόγειος αύρα.

Όμοιον φαινόμενον δύναται να παρατηρηθῇ εις κλειστά κοιλάδας ένθα αι μικροτέρου ύψους ατμοσφαιρικοί επήλοι του αέρος



Σχ. 38. Ρεύματα εις κοιλάδας.

έχον μικρότεραν πίεσιν θερμαινόμενοι την πρωίαν και δημιουργείται ρεύμα προς τας κλιτεϊς, με αντίστροφα φαινόμενα κατά την νύκτα βλ. σχήμα 38.

ββ) Μεγάλης γεωγραφικής εκτάσεως αλλά και σημασίας από απόψεως εκτάσεως αποτελούν οι μουσεώνες (monsoons, moussons, moussons) οίτινες οφείλονται τό μέρος εις τας μεγάλας θερμοκρασίας των ήπείρων, έναντι των θαλασσών και των χειμών εις τας χαμηλάς θερμοκρασίας των ήπείρων.

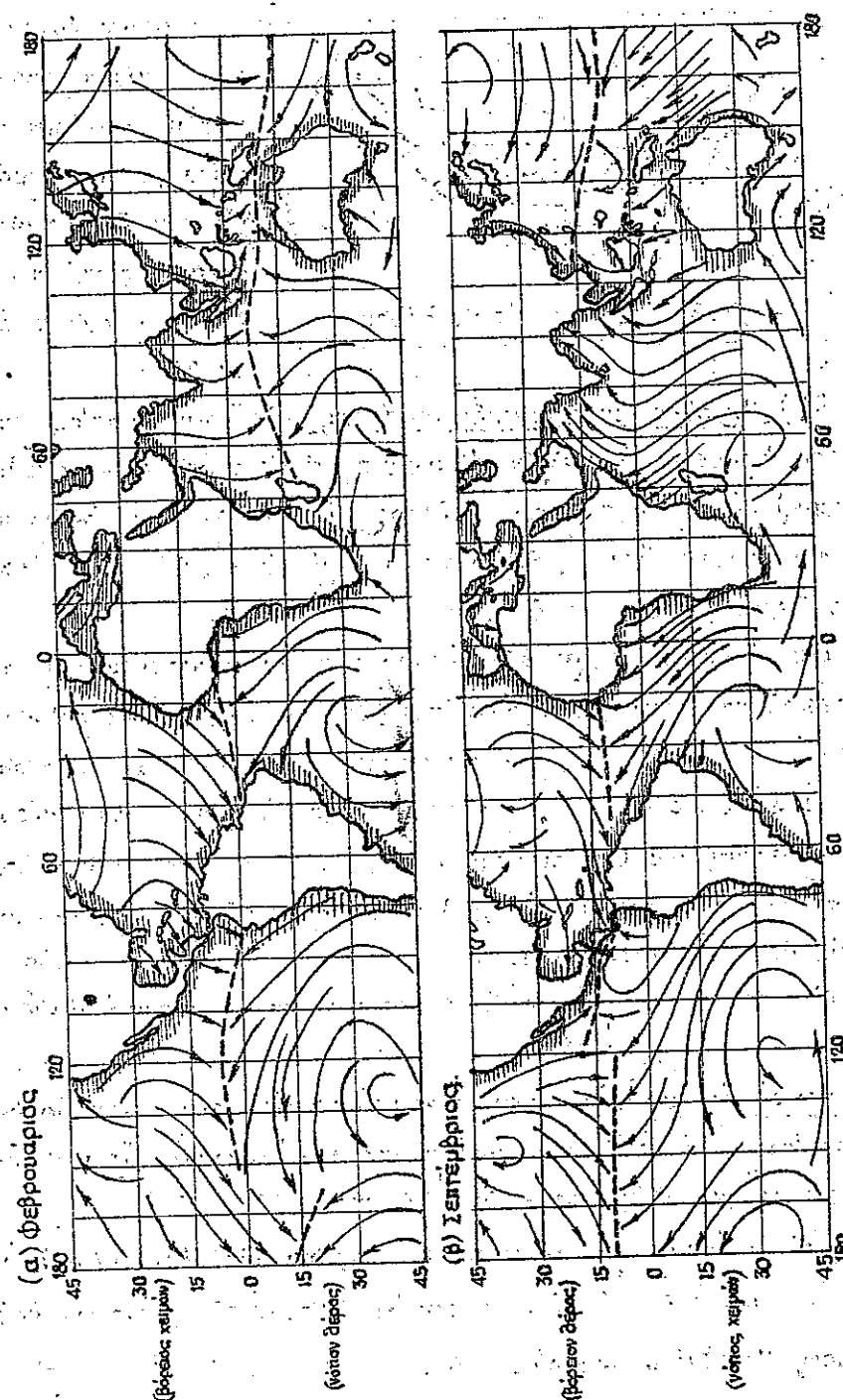
Εις τα σχήμ. 39^α και 39^β εμφανίζονται οι μουσεώνες κατά τας δύο περιόδους, οίτινες αναπτύσσονται ίδια εις τον Ινδικόν Ωκεανόν. Οί θερμοί ίδια μουσεώνες προκαλούν τας τροπικές βροχάς λόγω της μεγάλης υγρασίας ήν συναποκομίζουν εκ των ωκεανών. Εις Cherrapunji, των Ινδιών, εις ύψος 1340 μ. περίπου πίπτει μέσον ετήσιον ύψος βροχής 12000 χιλ. περίπου, ίδια κατά τούς θερμούς μουσεώνας.

Εις την περιοχήν αυτήν αναπτύσσονται και οί τροπικοί κυκλώνες.

γ. Τοπικοί άνεμοι. Ούτοι είναι μικρότερας εκτάσεως των προηγουμένων και οφείλονται κυρίως εις μικρά τοπικά αίτια. Μεταξύ αυτών συγκαταλέγονται οί ακόλουθοι:

γ.α) οί άνεμοι Föhn, πνέοντες κυρίως εις τας κεντρικάς Άλπεις ως και τας ανατολικάς κλιτεϊς των βραχωδών όρεων (Rocky Mountains, U.S.A.).

Οί άνεμοι ούτοι συνηθως ανερχονται εκ των προσεγγένων πλευ-



Σχ. 89. Προκύπτοντες άνεμοί, υπεράνω των ωκεανών κατά την περίοδον ανάπτυξεως των βορείων και νοτίων λαιλαπών, και θέσις των ισημερινών μετώπων (-----)

ρῶν τῶν ὀρέων ψυχροί καὶ πλήρεις ὑδατῶν. Σὺν τῇ ἀνόδῳ ψυχόμενοι ἀπολλύουσιν μέγα μέρος τῆς ὑγρασίας αὐτῶν, κατερχόμενοι δὲ πρὸς τὴν ὑπὸ νῆμον πλευρὰν θερμαίνονται ἀδιαβατικῶς ἐκ νέου ἀλλὰ ἔχουν μικρὰν περιεκτικότητα εἰς ὑγρασίαν καὶ εἶναι ἐπομένως ξηροὶ καὶ θερμοί.

Οἱ Föhn τῶν βραχυδῶν ὀρέων κατερχόμενοι μὲ ταχύτητας κυμαινόμενας ἀπὸ αὐραν ἕως θυέλλαν αὐξάνουν ἐνίοτε τὴν θερμοκρασίαν κατὰ $12^{\circ}-17^{\circ}\text{C}$. ἐντός 15', καὶ πικρὸν ἐνδεχομένως ὑπαρχούσας χιόννας (χιονόφάγοι ἄνεμοι, snoweaters).

γ.β.) Οἱ ἄνεμοι Bora καὶ Mistral οἵτινες προέρχονται ἀπὸ ἑκα ψυχρὸν, ἀντικυκλωνικὸν ρεῦμα, ὅπερ παρουσιάζει ἐνίοτε μορφήν λαιλαπας (εἰς Τερχέστην ἑμετρήθη ταχύτης 45 m/s) καὶ ὅπερ συνηθῶς προέρχεται ἀπὸ κλίσεων ἀνέμων ἐκ πιέσεων ἐπὶ ὑψηλῶν ψυχρῶν ὀρέων πρὸς ὑψέσεις τῆς Μεσογείου θαλάσσης.

Ἐκ τῶν γνωστοτέρων ἀνέμων αὐτῆς τῆς φύσεως εἶναι οἱ Bora, οἵτινες πνέουσιν ἐκ τῶν αἰτῶν τῆς Ἰσπανίας καὶ Αἰθιοπίας μὲ BA καὶ ABA προέλευσιν. Παρόμοιοι ἄνεμοι Bora πνέουσιν, ὑπὸ συναφεῖς τοπογραφικὰς συνθήκας, εἰς τὸ Νοβοροσίβσκ τῆς Μαύρης θαλάσσης.

ὑπὸ ἀναλόγους συνθήκας πνέει ἀπὸ τὰ γαλλικὰ ὑψίπεδα διὰ τῆς κοιλάδος τοῦ Ροδανῶ πρὸς τὴν Μεσόγειον ὁ Mistral, ὁ-ετις εἶναι ἄνεμος βίαιος, ξηρὸς καὶ ψυχρὸς, ραστίζων τὰς μεσημβρινὰς ἀκτὰς τῆς Γαλλίας ἀπὸ Περγίγησιν μέχρι Μασσαλίας.

γ.γ.) Ὁ ἄνεμος Σιρόν ἐκδηματίζεται εἰς τὴν Νοτιοανατολικὴν κλινὴν πλευρὰν τῆς ὑψέσεως τῆς ἀνατολικῆς Μεσογείου προερχόμενος ἐκ τῆς βορείου Ἀφρικῆς, λίαν ἔρηρος καὶ θερμὸς (ἕως 50°C), παρασύρων μεθ' αὐτοῦ ἄμμὸν καὶ κόνιν.

γ.δ.) Ὁ Σιρόκκος, ὀφειλόμενος εἰς τὰς θερινὰς ὑψέσεις τῆς δυτικῆς Μεσογείου λόγῳ τῶν ὁποίων θερμοὶ ἄνεμοι ἐκ τῆς Ἀφρικῆς, ἐμπλουτιζόμενοι μὲ ἐξαιρετικὴν ὑγρασίαν, πνέουσιν

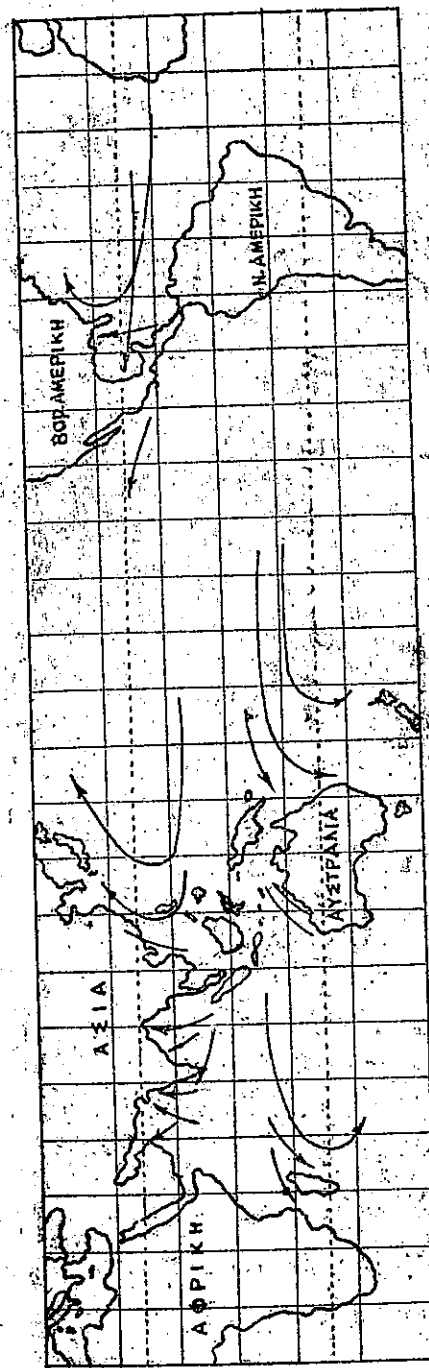
πρός τας βορείους μεσογειακάς ακτάς. Ο εἰρόκος εἶναι θερμός και λόγω μεγάλης υγρασίας, πνιγρός ἀνεμος. Εἰς αὐτὸν ἀποδίδονται και αἱ ὑψηλαὶ βροχαὶ τῶν ὀρειῶν τῆς Δαλματίας.

γ.ε). Τὰ μετέμια εἶναι τοπικοὶ ἀνεμοὶ ἐνδιαφέροντες τὴν Ἑλλάδα. Ὀφείλονται εἰς τὰς ὑψέσεις τῆς βορείου Ἀφρικῆς και πνέουν με κατεύθυνσιν Β ἔως ΒΑ εἰς τὸ Αἰγαῖον και ΒΔ εἰς τὸ Ἰόνιον, ἀπὸ τὰ τέλη Μαΐου ἔως τὰ τέλη Ὀκτωβρίου. Τὰ μετέμια πνέουν σχεδὸν ὅλην τὴν ἡμέραν, ἐνίοτε και τὴν νύκτα, ἐμφανίζοντά τὴν μεγαλύτεραν αὐτῶν ἔντασιν μεταξύ 9-14 ὥρας, με ταχύτητα 5-12 μ. Ἐνίοτε παρουσιάζουσιν πραγματικὴν θύελλαν (15-20 m/ὄλον).

δ. Κυκλώνες. Πλὴν τῶν δημιουργουμένων εἰς τὰ τοπικά μέτωπα κυκλώνων (περί ὧν ἀνωτέρω) παρουσιάζονται εἰς τὴν Ἄνω Ἀνατολήν οἱ τροπικοὶ κυκλώνες, γεννῶμενοι κυρίως πλησίον τοῦ ἰσημερινοῦ και μετατοπιζόμενοι με μεγάλην ταχύτητα πρὸς τὰ βόρειον και νότιον ἡμισφαίρια (βλ. τροχιὰν τροπικῶν κυκλώνων εἰς σχ. 40). Ἡ αἰτία δημιουργίας τῶν κυκλώνων τούτων δὲν ἔχει τελείως ἀποσαφηνισθῆ. Δοθέντος ὅμως ὅτι ὁ τόπος γένεσεως τῶν εἰναιετα-θερός, εἶναι προφανές ὅτι δημιουργοῦνται ἐκεῖ εἰδικαὶ θερμοδυναμικαὶ συνθήκαι δημιουργοῦσαι αὐτοὺς.

Διὰ τὰς ἀντικατὰς θαλάσσεας ἡ δημιουργία τῶν τροπικῶν κυκλώνων δέον νὰ παρουσιάζεται εἰς τὸ ἐμφανὲς συναντήσεως τῶν ἀντιθέτως πλεοντῶν ἀληγῶν ἀνέμων τῶν δύο ἡμισφαιρίων.

Οἱ κυκλώνες ὅμως δημιουργοῦνται ἐκεῖ ὅταν οἱ ἀνεμοὶ συναντῶνται εἰς ἀπόστασιν μεγαλύτεραν τῶν 5° νοτίως ἢ βορείως τοῦ ἰσημερινοῦ. Πράγματι αἱ ζώναι ἡρεμίας τοῦ ἰσημερινοῦ (equatorial calms ἢ doldrums) μετατοπίζονται ἐνίοτε μέχρι πλάτους 15°. Οὕτω τὰ βόρεια πολικά ρεύματα μετατοπίζουν τὴν ζώνην ἡρεμίας εἰς τὸ νότιον θῆρος (βλ. σχ. 39^a). Ἡ πρὸς βορρῶν μετατόπισις τῶν πιέσεων (H) τῶν ὀκεανῶν ἐξ ἄλλου ὠθεῖ τὴν ζώνην



Σχ. 40. Τροχιὰ τῶν τροπικῶν κυκλώνων

ἡρεμίας εἰς τὸ βόρειον θῆρος (σχ. 39^β). Ἡ ζώνη αὕτη λαμβάνει εἰς τὸν Ἰνδικόν Ὀκεανὸν τὴν βορειωτέραν θέσιν τὸν Σεπτέμβριον και τὴν νοτιωτέραν αὐτῆς θέσιν τὸν Φεβρουάριον, ἥτοι τὰς ἐποχὰς ὅπου οἱ τροπικοὶ κυκλώνες ἔχουσιν τὴν μεγαλύτεραν αὐτῶν ἔντασιν, κοὶ αἱ θερμοκρασίαι εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης λαμβάνουν τὰς μεγίστας αὐτῶν τιμὰς εἰς τὰ ἀντίστοιχα ἡμισφαίρια.

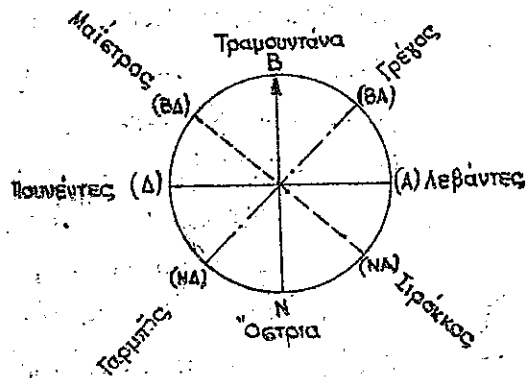
Ἡ σχηματιζομένη ὁριζική γραμμή καλεῖται και δια-τροπικὸν μέτωπον (inter-tropic front - Διακεκομμένη εἰς τὰ σχήματα 59). Ἡ γραμμή αὕτη εἰς τὸν Ἀτλαντικόν ὀκεανὸν παραμένει πάντοτε βορείως τοῦ ἰσημερινοῦ, δὲν ἐμφανίζονται δὲ ἐκεῖ τροπικοὶ κυκλώνες.

Οἱ τροπικοὶ κυκλώνες ἀποτελοῦν τέλειον παράδειγμα συμμετρικῶς περιστρεφόμενης θυέλλης με ἰσχυρά ἀερόχόμενα ρεύματα, ἅτινα ἀπὸ ὅ-

λας τὰς πλευράς παρασύρουν μάζας νεφῶν (σπειρομελανίας, αἰθύ-

lonibus) ἄτινα καὶ προκαλοῦν τὸν εἰσπνευστικὸν ὄγκον τῶν κυκλῶντων.

4.3. Μέγεθος καὶ μέτρησις τῶν ἀνέμων.



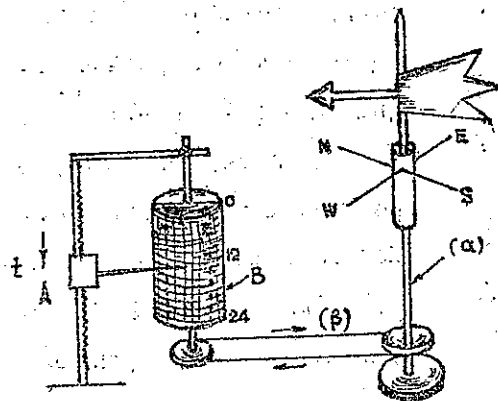
Σχ. 41. Διευθύνσεις ἀνέμων

Οἱ ἀνέμοι προσδιορίζονται ἐκ τῆς κατευθύνσεως καὶ τῆς ἐντάσεως αὐτῶν ἥτοι τῆς ταχύτητος.

Εἰς τὸ σχῆμα 41 οἰδεῖται ἡ ὀνομασία τῆς κατευθύνσεως τῶν κυριωτέρων ἀνέμων. (βόρειος ἀνεμος καλεῖται

ὁ πνεῦμα ἐκ βορρᾶ κ.ο.κ.).

Ἡ κατεύθυνσις τῶν ἀνέμων μετρεῖται διὰ τῶν ἀνεμοδείκτων. Εἰς τὸν ἀπλουστε-



Σχ. 42. Ἀνεμοδείκτης (α) καὶ δυνατή ἐνδύσεως αὐτοῦ μέσω ἱμάντας β με ἀντογράφον συσκευὴν. (Α=ὀρολόγιον, Β=τύμπανον μετὰ ταινίας).

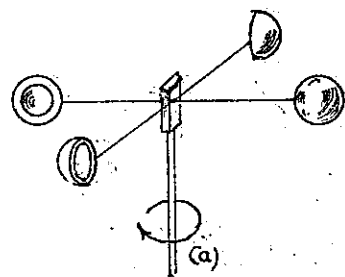
ρων τύπων οἰδεῖται εἰς τὸ σχῆμα 42. Οὗτος δύναται νὰ γίνῃ καὶ αὐτογράφος.

Οἱ ἀνεμοδείκται ὅσον νὰ τοποθετοῦνται εἰς ἀναπνευστικὸν ἔδαφος, ἀρκετὰ ὑψηλότερον οἰκῶν καὶ δένδρων ὥστε ἐπιδεικνύμενοι εἰς τοπικὰ αἶτια νὰ μὴν ἐπηρεάζουσιν αὐτοὺς.

Ἡ ἐντάσις ἢ ταχύτης ἀνέμου οἰδεῖται μέσω κλίμακας (συνήθως τοῦ Beaufort,

ἐνθα ἀναλόγως τῆς ταχύτητος τῶν, κατατάσσεται ὁ ἀνεμος εἰς διαφόρους κατηγορίας. Ἡ κλίμαξ ἀνέμων κατὰ Beaufort, ἔχει ὡς κατωτέρω.

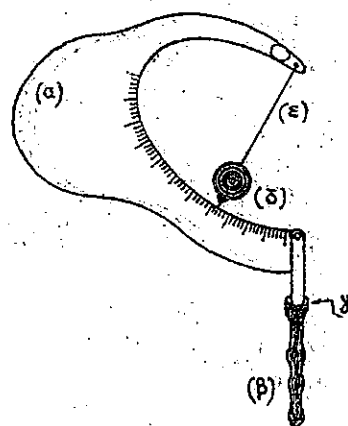
Πίεσις kg/cm ²	Ἑτάσις	Ταχύτης m/sec	Ὀνομασία		Ἄποτελέσματα
			εἰς ξηράν	εἰς θάλασσαν	
—	1	0,5 - 0,5	Ἀπνοία	Νηνεμία	Δεν γίνεται αἰσθητός εἰς τὸ πρόσωπον
0,18	2	0,6 - 1,7	Πολὺ ἑλαφρὸν ρεῖμα	—	Ὁ κοτύρις ἀνέχεται ἐκεῖν κατακόρυφος
0,72	2	1,8 - 3,3	Ἐλαφρὸς ἀνεμος	Ἐλαφρά αἴρα	Εἰς τὸ πρόσωπον μὲν αἰσθητός
2,00	3	3,4 - 5,2	Ἀδελυγός	Ἀδελυγός	Κινεῖ φύλλα δένδρων καὶ μικρὰ σημαίδια (σημαία)
3,92	4	5,3 - 7,2	Μέτριος	Μέτρια	Κινεῖ μικροὺς κλάδους, ἐκτείνει σημαίδια
7,22	5	7,3 - 9,8	Ζωηρὸς	Ζωηρὰ	Κινεῖ μεγαλύτερους κλάδους. Λίθοι δυνάμει ἐπὶ ἐναεῖσιν.
12,50	6	9,9 - 12,4	Ἰσχυρὸς	Ἰσχυρά	Κινεῖ ἰσχυροτέρους κλάδους, ἐπιδείκνυται εἰς οἰκίας.
19,20	7	12,5 - 15,3	Ἰσοδύναμος	Ἰσοδύναμα	Κινεῖ νεαροὺς κορμούς, κλάδα με ἀφρούς.
28,90	8	15,4 - 18,2	Θυελλώδης ἀνεμος	Θυελλώδης ἀνεμος	Κινεῖ ἰσχυρότερα δένδρα καὶ δρᾷ κλάδους
42,30	9	18,3 - 21,5	Θυελλώδης ἀνεμος	Θυελλώδης ἀνεμος	Θραύει κλάδους καὶ μικρὰ δένδρα
58,30	10	21,6 - 25,1	Σφοδρὰ θυελλώδης ἀνεμος	Σφοδρὰ θυελλώδης ἀνεμος	Θραύονται ἢ ἐκρίζωνται δένδρα. Βλάβαι ἐκτετατά.
79,30	11	25,2 - 29	Βίαια θυελλώδης ἀνεμος	Βίαια θυελλώδης ἀνεμος	Καταστρεπτικαὶ ἐνέργειαι ἐπιδείκνυται. ὁ πᾶσι στεγάνων ἀνατροπὴ ἀσθενῶν.
780,0	12	> 29	Ἀπίλῃ ἀνεμος	Ἀπίλῃ ἀνεμος	Καταστρεφά ἐπιδείκνυται. Καταρρίπτεται ἰσχυρὰν τοίχον.



Σχ. 43. Ανεμόμετρον Robinson

Ἡ μέτρσις τῆς ἐντάσεως γίνεται διὰ τῶν ἀνεμομέτρων, ὁ ἀπλούστερος τῶν ὁποίων δίδεται εἰς τὸ σχῆμα 43. Αἱ ἐπιοφαὶ τοῦ στελέχους α μεταδίδεται, μέσα ἀπὸ θερμὸν αὐτοῦ κοιλίου, εἰς ὀριζόντιον δίσκον (με' ὁδοντοτοὺς τροχοὺς) οὕτως διὰ ἐπιομέτρου ὑπολογίζονται αἱ ἐπιοφαί.

Τὰ ἀνεμόμετρα αὐτὰ διὰ κύπελλων αἷς καὶ τὰ τοῦτοις ἐναρξῇ διὰ πτερυγίων δίδουν τὴν μέσνην ταχύτητα τοῦ ἀνέμου εἰς ἕνα χρονικὸν διάστημα. Στιγμιαία μεταβολαὶ δὲν δύνανται νὰ καταγραφῶσιν λόγῳ τῆς ρύμης τοῦ ὀργάνου.



Σχ. 44. Ανεμόμετρον Daloz

Διὰ τοιαύτας μετρήσεις χρησιμοποιούνται ἄλλα ἀνεμόμετρα, ὧν τὸ ἀπλούστερον εἶναι τὸ ἐν σχήματι 44, τύπου Daloz. Οὕτω τὸ πτερύγιον (α) ἐνεργεῖ ὡς ἀνεμοδείκτης περιστρεφόμενον ἐλευθέρως εἰς τὸ σημεῖον (γ) ἐντὸς τῆς χειρολαβῆς (β).

Σφαῖρα ἐξ ἀλουμινίου (δ) ἀνιερτημένῃ μέσω νήματος (ε) ἀποκλίνει ἐπὶ τῆς κλίμακος τοῦ πτερυγίου ἀναλόγως τῆς ἐντάσεως τοῦ ἀνέμου ἢ νὰ ἀναγινώσκωμεν εἰς τὴν ἐν λόγῳ κλίμακα.

Τέλος, ὑπάρχουν καὶ ἠλεκτρικὰ ἀνεμόμετρα ἐπανιώτερον χρησιμοποιούμενα, ὡς ἐπίσης καὶ ἀνερογράφοι δίδοντες διάγραμμα τῆς μεταβολῆς τοῦ ἀνέμου.

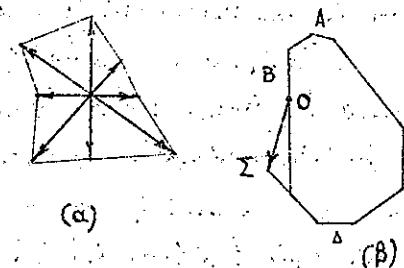
Εἰς μεγάλα ὕψη αἱ μετρήσεις ἐγένοντο ἀρχικῶς διὰ τῶν ἀεροστάτων (1888) διὰ μπαλλονίων (1890-1938), διὰ καρταετῶν (1900-1934)

καὶ δι' ἀεροπλάνων (1921-1938).

Ἀπὸ τοῦ 1937 ὅμως χρησιμοποιοῦνται οἱ ἱπτάμενοι ραδιοφωνικοὶ σταθμοὶ (radiosonde, ἀκτινοβολίδες) οἵτινες περιέχουν αὐτογραφικὰ μηχανήματα μετρήσεων, αἱ δὲ μετρήσεις ἐκπέμπονται ραδιοφωνικῶς εἰς δέκτας εὐρεσκομένους εἰς τοὺς ἐπιχειροῦντες σταθμούς. Οἱ ἱπτάμενοι σταθμοὶ ἀναρτῶνται εἰς μικρὰ ἀερόστατα καὶ εἶναι προσδεδεμένοι διὰ καλωδίων. Τὸ μέγα πλεονέκτημα αὐτῶν ἔναντι ὅλων τῶν ἄλλων μεθόδων εἶναι ἡ ἀμεση ἀναγνώσις καὶ μεταδόσις τῶν παρατηρήσεων καὶ ἡ δυνατότης τῆς ἀμέσου προγνώσεως τοῦ καιροῦ.

Ἡ ἀποτύπωσις τῶν ἀνέμων γίνεται εἰς τὸ ἀνεμολόγιον, ὅπου εἰς ἑκάστην διαίρεσιν λαμβάνεται, ὑπὸ κλίμακα, ὁ ἀριθμὸς τῶν ἡμερῶν καθ' ὅς ἐπνευσ ἀνεμὸς πρὸς τὴν διεύθυνσιν αὐτὴν. Οὕτω λαμβάνομεν τὰ διαγράμματα τῶν ἐπικρατούντων ἀνέμων (Σχ. 45 α).

Διὰ τοῦ γεωμετρικοῦ ἀθροίσματος τῶν ἀνέμων τῶν διαφόρων διευδυνσεων, λαμβάνομεν καὶ τὴν μέσνην διεύθυνσιν τῶν ἀνέμων



Σχ. 45. Ἐπικρατοῦντες ἀνεμοὶ (α)

καὶ συνδεσις αὐτῶν β.

(ὁς, σχῆμα 45 β) ὡς καὶ τὸ μέγεθος συχνότητος ταύτης.

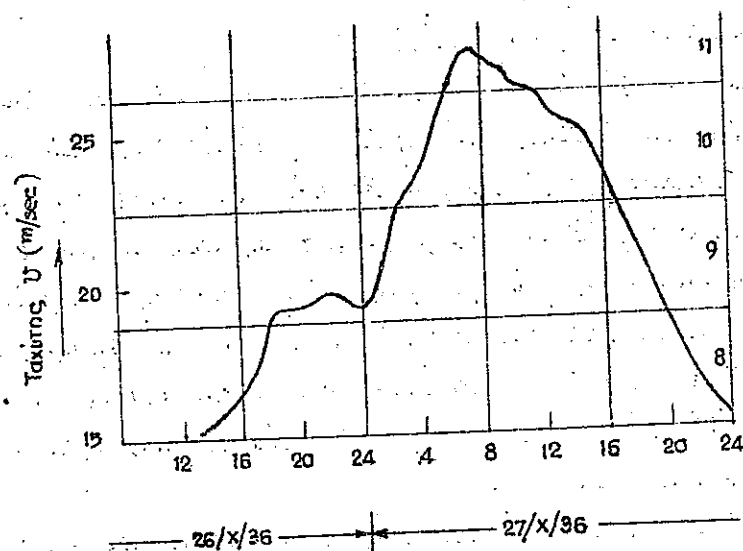
Ἐκ τῶν διαγραμμάτων τοῦ σχ. 45 α ὅμως, συνήθως ἐκτιμῶμεν τοὺς ἐπικρατοῦντας ἀνέμους ἐνός τόπου.

Οἱ δὲ ἐπιοφῶντες

τῆς ἀνεμοὶ ἐνός τόπου εἶναι οἱ ἐσθρόστεροι ἀνεμοὶ

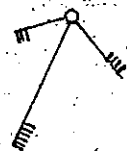
ἐν αὐτῷ καὶ εὐρίσκονται μόνον διὰ τῶν ἀνεμομέτρων.

Εἰς τὸ σχ. 46 δίδεται διάγραμμα τῆς ταχύτητος τοῦ ἀνέμου εἰς Γερμανικὸν παρατηρητήριον, κατὰ τὴν ἐμφάνισιν λαίλαπος ὑπεράναι τοῦ ποταμοῦ Elbe (26/27-x-1936).



Σχ. 46. Παρατηρήσεις ανέμομετρου εις λαίλαπα επί τῷ Elbe.

Ἡ ἀποτύπωσις τοῦ ἀνέμου ἐπὶ στιγμαίων χαρτῶν (μετεωρολογικοὶ χάρται) γίνεται διὰ τοῦ σήματος τοῦ σχήματος 47, ἐνθα ἡ κατεύθυνσις ἐκάστης εὐθείας δίδει τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀνέμου εἰς τρία διάφορα ὕψη (τὴν ἐπιφανείαν τοῦ ἐδάφους ἢ βραχυτέρα, ὕψος



Σχ. 47. Ἀποτύπωσις ἀνέμων

3000 μ. ἢ μεσσία καὶ ὕψος 6000 μ. ἢ ἐπιμηκεστέρα). Ὁ ἀριθμὸς τῶν καθετῶν μικρῶν γραμμῶν δίδει τὴν ταχύτητα (1 κάθετος γραμμὴ διὰ κάθε διάστημα 5 μιλίων ἀνὰ ὥραν).

Διὰ τῆς τοποθετήσεως τοιούτων συνθημάτων τῶν παρατηρήσεων εἰς ἕναστον σταθμὸν ἐπὶ ἐνός χαρτοῦ περιοχῆς με πολλοὺς σταθμοὺς καὶ διὰ τὸν αὐτὸν χρόνον, λαμβάνομεν ἐναργὴ εἰκόνα τῆς διευσύνσεως καὶ τῆς τροχίας τῶν ἀνέμων ὑπερθεῖν τῆς περιοχῆς.

Ὡς ἀνωτέρω, ἐξετέθη ἡ ταχύτης τοῦ ἀνέμου ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τῆς ἀποστάσεως τῶν ἰσοβαρῶν καμπύλων, ἥτοι τῆς βαρο-

μετρικῆς κλίσεως.

Ὡς πρακτικὴ μονὰς τῆς κλίσεως λαμβάνεται ἡ πτώσις ἐνός χιλιοστοῦ ἐπὶ ἑλῆς ὑδροαρχύρου (1 mm Hg) διὰ μήκος ἀντιστοιχοῦν εἰς τόσον ἀνοίγματος 1° ἥτοι 111 περίπου χιλιομέτρων.

Οἱ εὐνήθεις ἀνέμοι ἐμφανίζονται διὰ βαρομετρικὴν κλίσιν < 4 , αἱ δὲ θυελλοὶ με κλίσεις > 4 . Ἡ βαρομετρικὴ κλίσις ἰσοῦται με τοπογραφικὴν κλίσιν $\frac{11,0 \mu}{111 \chi \lambda} = 0,0001$ ἥτοι εἶναι ἐλάχιστη, ἰσχυρὴ ὁμῶς καὶ θέσθις εἰς κινήσιν τὸν ἀέρα.

5. Τὸ ὕδωρ ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ.

Τὸ ὕδωρ ὑπὸ τὰς εὐνήθεις αὐτοῦ καταστάσεις ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς (ὕδωρ, χιὼν, πάχος) ἐξατμίζεται διὰ τῆς θερμότητος καὶ ἐκμηματίζει ὑδρατμούς στίπες, αἰωροῦνται ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας. Ἐκ τῶν ὑδρατμῶν λαμβάνει τοῦτο διαφόρους μορφάς (ὁμίκλη νεφῆ) ἵνα ἐμφανισθῇ πάλιν ὡς βροχὴ, χιὼν, καλαζα, ὁρόρος, κ.λ.π. Ἐνταῦθα θὰ ἐξετάσωμεν τὰς τρεῖς κυρίως μορφάς τοῦ ὕδατος ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ (ὕδρατμοι, βροχὴ, χιὼν) καὶ τὴν δημιουργίαν αὐτῶν.

5.1. Ἡ ὑγρασία τῆς ἀτμοσφαίρας.

Λόγω ἐξατμίσεως ὕδατος ἐξ ὑδατίνων ὄγκων ὑγροῦ ἐδάφους ἢ ὑγρῶν ἐπιφανειῶν ἀτμοὶ ὕδατος εὐρίσκονται πάντοτε εἰς τὴν ἀτμοσφαίραν, κυκλοφοροῦντες μετὰ μετὰ τῶν ἀνέμων καὶ διαπιστούμενοι εἰς διαφόρους ποσότητας ἀναλόγως τῆς θερμοκρασίας τῆς τοπογραφικῆς θέσεως, τοῦ ὕψους, τῶν ἀνέμων κ.λ.π.

Ἡ ποσότης τῶν ὑδρατμῶν, ἐντὸς τοῦ ἀέρος, ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς θερμοκρασίας καὶ βαρομετρικῆς πίεσεως τοῦ ἀέρος, ἐξ ὧν ὁρίζεται ἐπίσης καὶ ἡ πίεσις τῶν ἀτμῶν τούτων, ἡ ποσότης αὕτη μετρεῖ τὴν ὕγρασίαν τοῦ ἀέρος. Ἡ ὕγρασία τῆς ἀτμοσφαίρας

καθορίζεται κατά διαφόρους τρόπους, οίτινες είναι οι ακόλουθοι:

α) Η τάσις των υδρατμών, f , μετρούμενη εις χιλιοστά επί-
λης υδραρχύρου (τάσις, πίεσις ή ελαστική δύναμις). Υψηλότεραι θερμο-
κρασίαι επιτρέπουν μεγαλύτεραν ποσότητα υδρατμών εις την ατμο-
σφαιραν. Εκάστη θερμοκρασία επιτρέπει ωρισμένην μέγιστην ποσότη-
τα υδρατμών εις τόν αέρα ήτις όταν επιτυγχάνεται, δίδει τό σημείον
κορεσμού ή δρόσου (f) (Taupunkt, dewpoint) της ατμοσφαιρας εις
τήν υπ' όψιν θερμοκρασίαν.

Πτώσις της θερμοκρασίας αέρος κεκορεσμένου, προ-
καλεί συμπίκνωσιν των υδρατμών εις υδάρ (βλ. υδάρ υαλοπινά-
κων), ώστε ο αήρ εις τήν νέαν χαμηλότεραν θερμοκρασίαν θα
είναι πάλιν κεκορεσμένος.

Υψωσις της θερμοκρασίας προκαλεί ελάττωσιν της
τάσεως των υδρατμών και έχομεν $f < F$ (κορεσμού).

β) Τό βάρος των υδρατμών, τό περιεχόμενον εις ένα
κυβ. μέτρον αέρος. Τό βάρος τούτο καλείται Α. π. ό. λ. υ. τ. α.ς
ύγρασία (p).

γ) Τό βάρος των υδρατμών τό περιεχόμενον εις ένα χι-
λιόγραμμον αέρος. τούτο καλείται ε. ι. ό. ι. κ. ή. ύγρασία.

δ) Ο λόγος της πραγματικής ύγρασίας του αέρος εις
θεδομένην θερμοκρασίαν προς τήν ύγρασίαν κορεσμού εις τήν πραγ-
ματικήν θερμοκρασίαν ήτοι ή σχετική ύγρασία ($100 \frac{f}{p}$)

ε) Η διαφορά της ύγρασίας κορεσμού από τήν πραγ-
ματικήν ύγρασίαν ήτοι τό ελάττωμα κορεσμού ($F-f$)

Τό βάρος p της απόλυτου ύγρασίας (γραμμ/μ³ αέρος) και
ή τάσις των υδρατμών f (χιλίοστά επίλης υδραρχύρου) συνδέονται
διά της σχέσεως:

$$p = 1293 \times 0,623 \frac{f}{760} \times \frac{1}{1 + 0,00367 t} = \frac{1,0599}{1 + 0,00367 t} \cdot f$$

ένθα t είναι ή θερμοκρασία του αέρος κατά τήν εν λόγω σχέσιν.

Εκ του τύπου τούτου εμφανίζεται ότι εις συνηθείς θερμοκρα-
σίας, τα δύο ταύτα μεγέθη (p) και (f) είναι περίπου ίσα.

Κατωτέρω δίδεται πίναξ της ύγρασίας εις κεκορεσμένον
αέρα διά διαφόρους θερμοκρασίας και δι' ατμοσφαιρικήν πίεσιν 760
χιλιοστών.

Θερμοκρασία $\rightarrow$	+30	+25	+20	+15	+10	+5	0	-5	-10	-15	-20	-25
Μέγιστη τάσις υδρατμών χιλίοστά Hg (f)	31.83	23.76	17.54	12.79	9.21	6.54	4.58	3.17	2.16	1.45	0.96	0.61
Μέγιστη απόλυτος ύγρα- σία g/m ³ (p)	30.66	23.09	17.33	12.85	9.39	6.80	4.85	3.42	2.38	1.63	1.10	0.71
Μέγιστη ειδική ύγρα- σία g/kg (ύγραυ αέ- ρος)	26.18	19.47	14.33	10.43	7.51	5.34	3.75	2.59	1.76	1.19	0.77	0.50
Βάρος ξηρού αέρος εις g/m ³	1165	—	1205	—	1247	—	1293	—	1342	—	1395	—
Βάρος κεκορεσμένου αέρος g/m ³	1147	—	1194	—	1241	—	1290	—	1341	—	1395	—
Διαφορά g/m ³	18	—	11	—	6	—	3	—	1	—	0	—

Εκ του πίνακος εμφανίζεται ότι το βάρος του αέρος μεταβάλλεται κατά 4-5 gram. ανά κυβ. μέτρον δι' έκαστον βαθμὸν μεταβολῆς θερμοκρασίας.

Τὸ βάρος P' ενός κυβ. μέτρου αέρος ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ εἴναι t , ἡ ὀλική πίεσις ἰσούται με h , τὸ δὲ περιεχόμενον τῶν ὑδρατμῶν αὐτοῦ ἔχει πίεσιν f , ὅα εἶναι

$$P' = 1293 \times \frac{h - 0,377 f}{760} \times \frac{1}{1 + 0,00367 t}$$

ἐνῶ ἀφ' ἑτέρου τὸ βάρος τῶν ὑδρατμῶν αὐτοῦ — εἰς τὸν αὐτὸν ὄγκον — ὡς εἶδομεν ἀνωτέρω εἶναι :

$$P = 1293 \times 0,623 \frac{f}{760} \times \frac{1}{1 + 0,00367 t}$$

ἄρα ὁ λόγος τῶν δύο δά εἶναι :

$$\frac{P}{P'} = \frac{0,623 f}{h - 0,377 f}$$

(πράγματι διὰ $h = 760$, $t = 30^\circ$ καὶ πρῆρον κορεσμὸν ἔχομεν $f = 31,83 = F$, ὁ λόγος τότε εἶναι $\frac{P}{P'} = 0,0262$ ἥτοι ἡ μεγίστη

εἰδική ὑγρασία διὰ τήν ἐν λόγῳ τιμὴν).

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω μεθεξῶν, τὸ πλεόν ἐνδιαφέρον κλιματολογικῶς εἶναι ἡ σχετικὴ ὑγρασία· αἱ διαφοροὶ ἀλλαγαὶ θερμοκρασίας εἶναι πολὺ πλεόν αἰσθηταί ἐφ' ὅσον ἡ σχετικὴ ὑγρασία εἶναι μεγαλυτέρα· (εἰς τὰς ἐρήμους π.χ. μετὰ ἀλὰς θερμοκρασίαι εἶναι πλεόν ἀνεκταί λόγῳ μικρᾶς ὑγρασίας παρὰ εἰς τὰς τροπικὰς χώρας, ἐνθα ἡ ὑγρασία εἶναι μεγάλη).

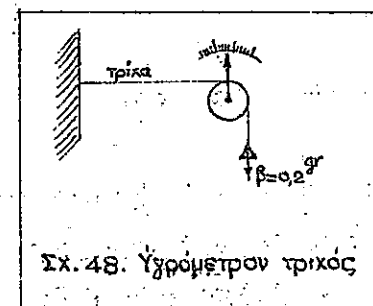
Ὁμοίως εἰς τοὺς κλειστοὺς χώρους, ἐνθα ἡ ἐκ τῆς ἀναπνοῆς προκύπτουσα ὑγρασία, προκαλεῖ τὴν γνωστὴν δυσφορίαν τῶν

κλειστῶν χώρων. Εἰς τὸν αἰρισμὸν κλειστῶν χώρων (air conditioning) προσπαδοῦμεν πάντοτε νὰ συνδυάζωμεν θερμοκρασίαν καὶ ὑγρασίαν).

Διὰ τὸν προσδιορισμὸν ὁδῶν τῶν ὑδρατμῶν τῆς ἀτμοσφαίρας τὸ βασικώτερον στοιχεῖον ποῦ πρέπει νὰ γνωρίζωμεν εἶναι ἡ σχετικὴ ὑγρασία. Ἐξ ἄλλου, ἐφ' ὅσον αὕτη ἠθέλειν προσδιορισθεῖ, δυνάμεθα νὰ υπολογίσωμεν ὅλα τὰ ἄλλα στοιχεῖα.

Ἡ σχετικὴ ὑγρασία προσδιορίζεται διὰ ποτῶν τρόπων, αἱ ἀντίστοιχοι συσκευαὶ καλοῦνται ὑγρόμετρα.

Τὸ ἀπλούτερον ὑψόμετρον εἶναι τὸ δια τριχός — ὡς γνωστὸν αἱ ἀνθρώπιναι τρίχες εἶναι λίαν ὑγρασκοπικαί, ἥτοι ἀπορροφῶν ὑ-



Σχ. 48. Ὑγρόμετρον τριχός

γρασίαν καὶ μεταβάλλουσιν μῆκος ἀναλόγως τῆς ἀπορροφουμένης ὑγρασίας. Ἀφαίρεῖται τὸ λῆπος ἐκ τῆς τριχός, παμποῦται αὕτη εἰς τὸ ἐν ἄκρον καὶ ἐλίσσεται περὶ ἐκ κλινδρῶν. Εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον, τανύεται διὰ μικροῦ βάρους, μὴ ἐπηρεάζοντος τὸ μῆκος αὐτῆς. Διὰ δείκτου εἰς τὸ κέντρον

τοῦ κλινδρῶν σημειοῦνται αἱ μεταβολαὶ ὑγρασίας. Ἡ μέθοδος αὗτη πολὺ ἀκριβής, τὸ δὲ ὄργανον ὅσον νὰ συγκρίνεται συχνὰ με' ἄλλα ἀκριβέστερα.

Τὸ συνηθέστερον ὑγρόμετρον εἶναι τὸ ψυχρόμετρον. Ἡ ὑδραγωγικὴ εὐαίρετα κανονικοῦ θερμομέτρου καλύπτεται ὑπὸ ὑδαέματος τηρουμένου συνεχῶς ὑγροῦ. Τὸ θερμομετρὸν περιετρέφεται ταχέως, καὶ τὸ ὑγρὸν ὑδαμα ἐξατμίζεται προκαλοῦν πτώσιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ θερμομέτρου.

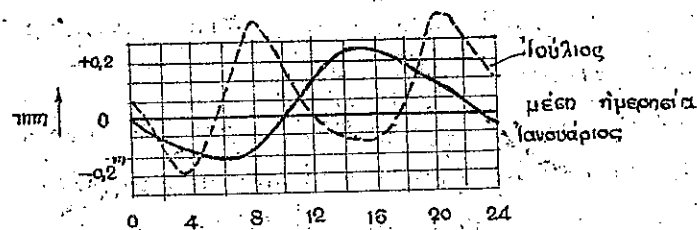
Ἐὰν t ἡ θερμοκρασία αέρος καὶ t' ἡ τοῦ ψυχρόμετρου ἡ τὰς τῶν ὑδρατμῶν δά εἶναι :

$$f = F - 0,00079 h (t - t')$$

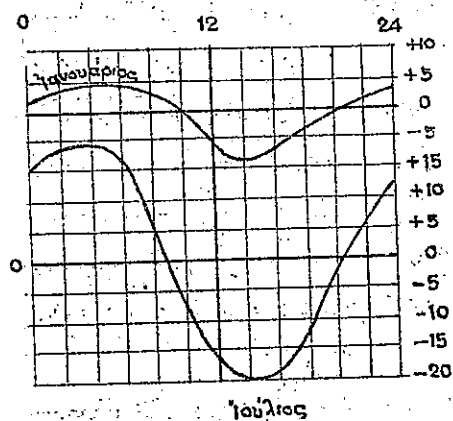
ένθα F ή τάσις ατμών κεκορεσμένου αέρος είς θερμοκρασίαν αὐτοῦ t .

Παράδειγμα: Διά $t=18,4$ $t'=9,6$, $h=750$ $f=3,73 \text{ mm Hg}$.

Ἡ ὑγρασία μεταβάλλεται φυσικά μετά της θερμοκρασίας. Ἡ ἀπόλυτος ὑγρασία ἀκολουθεῖ τας διακυμάνσεις της θερμοκρασίας παρουσιάζουσα τόν χειμῶνα ἓνα μέγιστον περίπου τήν 14 ὥραν, ὀλίγον μετά τό μέγιστον της θερμοκρασίας. Τό θέρος ἐμφανίζονται 2 μέγιστα.



Σχ. 49α. Ἡμερησία μεταβολή ἀπολύτου ὑγρασίας.



Σχ. 49β. Ἡμερησία μεταβολή σχετικής ὑγρασίας.

Ἡ σχετική ὑγρασία ἀκολουθεῖ ἀντίθετον διαίταν ἐμφανίζουσα τό ἐλάχιστον αὐτῆς κατὰ τας ὥρας της μεγίστης θερμοκρασίας καί κατὰ τό θέρος καί κατὰ τόν χειμῶνα. (βλ. σχ. 49β). Εἰς τό σχῆμα 49 γ ἐμφαίνονται αἱ μηνιαῖαι μεταβολαί της σχετικής καί ἀπολύτου ὑγρασίας ἐν Θεσσαλονίκῃ.

Εἰς τας Ἀθήνας αἱ μέσαι τιμαί της ὑγρασίας ἔχουν

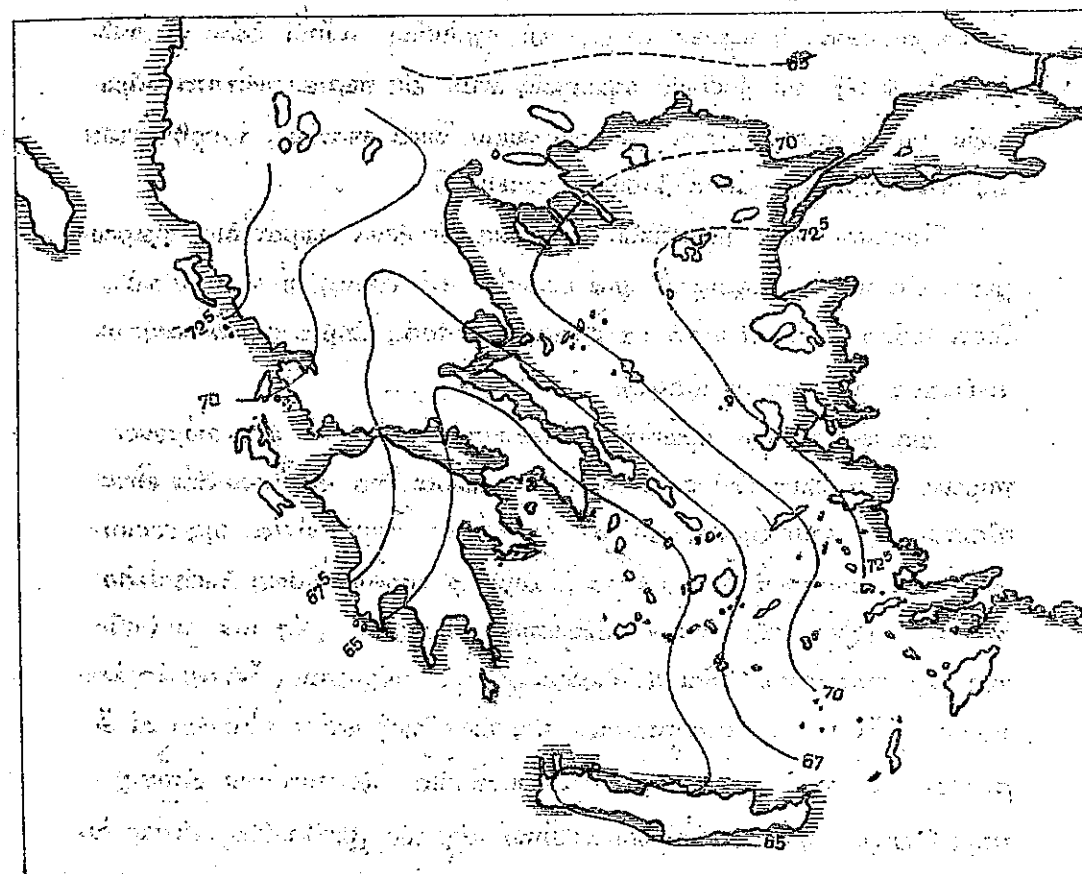
ὡς ἀκολουθῶς.

Σχετική ὑγρασία % Ἀπόλυτος ὑγρασία g/m^3

Χειμῶν.....	73,3	6,76
Ἀνοιξίς.....	64,7	8,47
Θέρος.....	50,9	12,26
Φθινόπωρον.....	65,4	10,70

Ὁ μέσος ὅρος τοῦ ἔτους ἀνέρχεται εἰς 63%.

Εἰς τό ἐπομενόν σχῆμα 50 δίδεται ἡ μέση ἔτησία διανομή της σχετικής ὑγρασίας ἐν Ἑλλάδι.



Σχ. 50. Μέση ἔτησία σχετική ὑγρασία ἐν Ἑλλάδι.

5.2... Ομίχλη - νέφη.

Ο σχηματισμός νεφών λαμβάνει χώραν λόγω μετατροπής των υδρατμών της ατμοσφαιρικής υγρασίας (αέριος κατάσταση) εις σταγονίδια υδάτος (υγρά κατάσταση) αιωρούμενα εις την ατμόσφαιραν, δια της συμπτύκνωσης (condensation) των υδρατμών.

α) Συμπύκνωσις των υδρατμών. Εκ γενομένων πειραμάτων εις ειδικόν θάλαμον (Wilson cloud chamber) επιτετοποίηδη ότι δια να επέλθῃ συμπύκνωσις υδρατμών εις τελείως καθαρὸν κεκορεσμένον αέρα, ἡ περιεκτικότης τῆς υγρασίας αὐτοῦ ὅσον νὰ ἀνέλθῃ εἰς 400% τοῦ βαθμοῦ κορεσμοῦ, ἥτοι εἰς περιεκτικότητα υδρατμών μὴ παρατηρουμένην εἰς τὴν φύσιν ὅπου ἐπανίως υπερβαίνεται εἰς τὴν ατμόσφαιραν ὁ βαθμὸς κορεσμοῦ.

Τοιοῦτοτρόπως ἀνεπτύχθη ἡ ἀποφίς, ὅτι ξένα σωματίδια αιωρούμενα εἰς τὴν ατμόσφαιραν ὑπὸ μορφὴν "κόνεως" ἢ καπνοῦ, ἀποτελοῦσιν τὸν πυρῆνα (nucleus) πρὸς δημιουργίαν συμπυκνώσεως, τῶν ἀτμῶν (1897).

Διὰ περαιτέρω ἐρευνῶν ὑπεστηρίχθη ὅτι τὸν ἀπαιτούμενον πυρῆνα δὲν δύνανται νὰ ἀποτελέσουσιν σωματίδια ἐξ ὅσων δὲν εἶναι ἠλεκτρικῶς φορτισμένα καὶ ὅτι ἐπομένως κυρίᾳ αἰτία τῆς συμπυκνώσεως ἀποτελοῦν "ἰόντα". Σὺν τῷ χρόνῳ ὁμῶς ἀπεδείχθη ὅτι οἱ πυρῆνες ἐξ ἰόντων ἐλαχίστης διαμέτρου (ὡς π.χ. αἱ ἀκτίνες α) ἀπαιτοῦν βαθμὸν ὑπερκορεσμοῦ μέγιστον (ὅστις ὡς ἀνωτέρω ἐλέχθη δὲν ἀπαντοῦνται εἰς τὴν φύσιν) καὶ ἐτράπησαν αἱ ἐρευνᾶι εἰς τὸν προεδιορισμένον τοῦ μεγέθους τῶν πυρηνῶν οἵτινες προκαλοῦσιν τὴν συμπύκνωσιν. Οὕτω εἰς τὸν ἀκόλουθον πίνακα ἐμφανίζεται ἡ συνάρτησις μεταξὺ μεγέθους ἰόντων καὶ ἀπαιτουμένου βαθμοῦ κορεσμοῦ πρὸς ἐμφάνισιν συμπυκνώσεως.

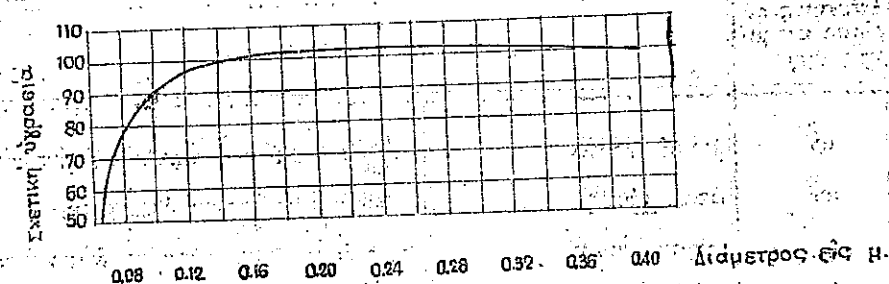
Διάμετρος πυρῆνος εἰς μικρά (μ).		
10^{-3}	μικρά ἰόντα	Μεγάλος βαθμὸς ὑπερκορεσμοῦ ἀπαραίτητος.
10^{-2}	μέσα ἰόντα	Σημαντικὸς βαθμὸς ὑπερκορεσμοῦ.
	μεγάλα ἰόντα	Ποσὸν τι ὑπερκορεσμοῦ ἀναγκαῖον.
	ἰόντα Langvin	Μικρὸς ἢ οὐδείς βαθμὸς ὑπερκορεσμοῦ.
10^{-1}	πολὺ βαρὺ ἰόντα	Δὲν ἀπαιτεῖται ὑπερκορεσμὸς.
10^0	πυρῆνες σχηματίζοντες ὀμίχλην	—
10^1	ἔλαχιστα φωτογραφηθεῖσαι σταγόνες ὀμίχλης	—
10^2	ψυχάλα	—
10^3	μεγάλα σταγόνες βροχῆς	—

Ἐκ τοῦ πίνακος τούτου αὐνάχεται ὅτι τὰ ἰόντα δὲν εἶναι ἀπαραίτητα διὰ τὴν συμπύκνωσιν, ἐξαιρέσει ἴσως τῶν ἰόντων Langvin ἢ τῶν ἐξαιρετικῶς βαρῶν ἰόντων ἅτινα εἶναι ὁμῶς ἐπάνω εἰς τὴν ατμόσφαιραν.

Ἐκ τοῦ αὐτοῦ πίνακος συμπεραίνομεν εἰσέτι ὅτι ἴσως τὰ ἰόντα ἀπαιτοῦνται διὰ τὸν σχηματισμὸν νεφῶν μετὰ παγοκρυστάλλων (ice-crystals) δοθέντες ὅτι οἱ τελευταῖοι αὗτοι σχηματίζονται εἰς μεγάλας ἀναλογίας ὑπερκορεσμοῦ.

Εἰς τὸ σχῆμα 51 δίδεται περαιτέρω διάγραμμα τῶν διαμέτρων τῶν πυρηνῶν ἀνάλογος τοῦ βαθμοῦ σχετικῆς υγρασίας, εἰς περιπτώσιν σχηματισμοῦ σταγονιδίων διὰ πυρῆνος ἐξ ἁλτος (NaCl).

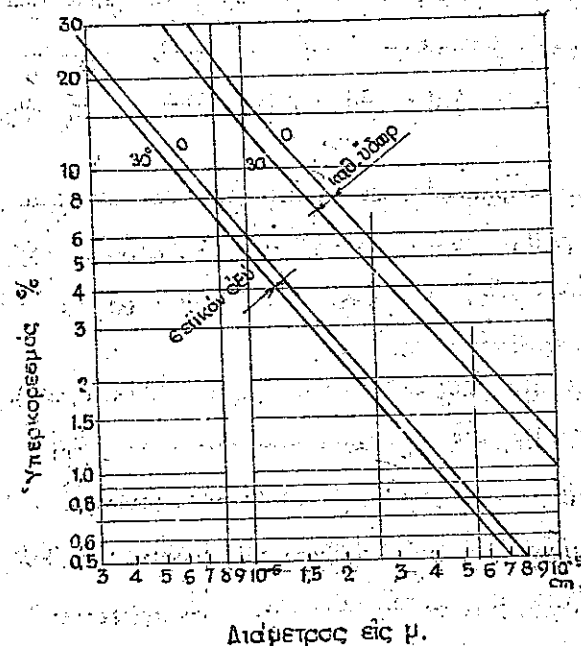
Πλήν τοῦ ἁλτος (σημαντικῶς διὰ συμπύκνωσιν ἀνωθεν τῶν θαλάσσεων) θεωρεῖται ἀπὸ αἱ, ἰδίᾳ ἐκ καπνοῦ δύνανται ν' ἀποτελέσουσιν ἰσοδυνάμεις πυρῆνας συμπυκνώσεως, ὡς τοῦτο π.χ. συμβαίνει ὑπερθεν βιομηχανικῶν πόλεων.



Σχ. 51. Μέγεθος πυρήνος συμπυκνώσεως εξ άλατος συναρτήσει της σχετικής υγρασίας.

Είς Λονδίνον λ.χ. οί υδρατμοί υγροποιούνται είς σχετικήν υγρασίαν 90%.

Είς τό εχήμα 52, δίδονται έξαχόμενα θεωρητικής έρευνής και πειραμάτων διά την συσχέτισιν μεγέθους πυρήνος συμπυκνώσεως και εκατοστιαίας αναλογίας υπερεκρεσμοῦ διά πυρήνας 1) εκ καθαρού ὕδατος και 2) εκ δείκτου θέσεως και διά θερμοκρασίας 0° και 30°, οί έκαστον είδος πυρήνος.



Σχ. 52. Διάμετρος πυρήνων και βαθμούς υπερκορεσμοῦ.

Συμπερασματικῶς, διά την δημιουργίαν σταγονιδίων εκ των υδρατμών απαιτείται ή ύπαρξις πυρήνων (ὕδατος, καπνοῦ, αλάτος κ.τ.τ.) ὧν τό μέγεθος ὅσον νά κείται εντός ὁρίων τινων.

Οὕτω σχηματίζονται ή ὁμίχλη και τά νέφη. Ο διαχωρισμός των δύο τούτων μετεωρολογικῶν φαινομένων είναι κυρίως τοπογραφικός. Η τσι, νέφος καλούμεν συ-

νηθως την ὁμίχλην, όταν ὁ παρατηρητής είναι εκτός αὐτῆς.

Είς την περίπτωσιν οί υδρατμοί υπερψύχονται, συμπυκνούνται, αὐτοί τη βοήθειᾳ πυρήνων αεροποιήσεως είς παχοκρυστάλλους. Αποτελεσματικούς πυρήνας αεροποιήσεως αποτελοῦν κρυσταλλικά ὑλικά ὡς ὁ καλαςίας ή τό διοξειδίου τοῦ άνθρακος. Η παρουσία των παχοκρυστάλλων είναι συνηθως είς ὅλα τά νέφη.

β. Περιεκτικότητα των νεφών.

Η ποσότης τοῦ συμπυκνωθέντος ὕδατος εντός των νεφών είναι συνηθως 1-4 γραμμάρια ὕδατος ανά κ.μ. αέρος, διά τά συνηθῆ νέφη, δύνανται δέ νά φθάσῃ τά 5-8 γρ./κ.μ. διά μελανά νέφη, ἐνῶ οί υδρατμοί οί περιεχόμενοι είς αὐτά είναι 20-30 γραμμάρια ανά κ.μ. (διά θερμοκρασίας 20°-30° C.).

Η διάμετρος των σχηματιζομένων σταγονιδίων είναι μικρά κυμαίνομένη μεταξύ 4-50 μικρών, ὥστε άνεμοι με ταχύτητα 0,12-0,15 μ/δλόν (άννοια κατά την κλίμακα Beaufort) νά συκρατοῦν αὐτά ἐν αιώρσει. Παχοκρυστάλλοι τοῦ αὐτοῦ βάρους αἰωροῦνται ὁμοίως εὐχερῶς, εντός της ἀτμοσφαιρας.

Όταν ή διάμετρος των σταγονιδίων υπερβῇ τά 70 μικρά ἀρχεται συνηθως ή βροχή.

Νέφη πάχους 600-1200 μέτρων δίδουν συνηθως την βροχήν. Λεπτότερα νέφη δέν δίδουν βροχήν. Παχύτερα νέφη προκαλοῦν την καλαζαν.

γ) Εἶδη νεφών.

Τά νέφη σχηματίζονται εκ των συμπυκνωθέντων σταγονιδίων εντός κεκορεσμένου αέρος ἄτινα πίπτοντα λόγῳ βάρους έξατμίζονται είς χαμηλότερας θέσεις και ἀνέρχονται ἐκ νέου, ἐνῶ είς τά ανώτερα στρώματα ἐμφανίζονται νέα σταγονίδια. Ητοι τά νέφη αποτελοῦνται ἀπό σύνολον συμπυκνουμένων υδρατμών είς σταγονίδια και σταγονιδίων έξατμιζομένων είς υδρατμούς μετά διαρκῶς ἐναλλαζομένης καταστάσεως.

Τὰ νέφη κατατάσσονται εἰς κατηγορίας ἀναλόγως τῆς μορφῆς τοῦ ὕψους καὶ τῆς ὑδατοχωρητικότητος αὐτῶν.

Ἀπὸ γενικῆς μορφολογικῆς πλευρᾶς τὰ νέφη διακρίνονται: ὡς ἀκολουθῶς.

- 1) Θύεανοι ἢ μαλλοὶ (Cirus), λευκὰ λεπτὰ ἰνώδη νέφη (Ci)
- 2) Σωρεῖται ἢ σωροὶ (Cumulus), λευκὰ ὀγκώδη καρπύλα νέφη (Cu)
- 3) Στρώματα ἢ ἐπιβάδες (stratus), χαμηλὰ ἐκτεταμένα στρωσιγενῆ νέφη (s)
- 4) Μελανίαι ἢ ὄμβρια νέφη (Nimbus), πυκνὰ μελανὰ νέφη, ἔτοιμα πρὸς βροχήν (Ni).

Ἐφ' ὧσον τὰ νέφη ταῦτα εὐρίσκονται εἰς μετὰ ὕψη προτίθεται πῆς βραχυγραφίης αὐτῶν τὸ γράμμα Α (διὰ τὴν λέξιν Alto) ἢτοι Αcu (altocumulus), As (Altostratus).

Ἀπὸ ἀπόψεως ταξινομήσεως ὁ Διεθνὴς Ἀτλας τῶν νεφῶν διακρίνει δέκα κυρίων εἰδῶν νέφη, δι' ἑπτὰ δὲ ἐξ αὐτῶν διακρίνει εἴκοσι εἰδικὰς μορφάς.

Τέλος διακρίνει ἑπτὰ ποικιλίας αἰτίνες παραλάβουσιν τίς ὡς ἀνω μορφάς. Οὕτω κατατάσσονται τὰ νέφη ὡς ἑξῆς: (βλ. Α. Ραραπιπέρη).

Ὑμάδες νεφῶν (4)	Εἶδη νεφῶν (10)	Εἰδικαὶ μορφαὶ (20)
I. Ἀνώτερα νέφη (ὕψος ~ 6000 μ.)	1. Θύεανοι (Ci)	Ἰνώδεις (cifil) Ἀγκιστροειδεῖς (cine)
	2. Θυεανοστρώματα (Cs)	Πυκνοὶ (ciden), νόδοι (cinot)
	3. Θυεανοσωρεῖται (Cc)	Νεφελειδῆ (cs neb) Ἰνώδη (cs fil)
II. Μέσα νέφη (2000-6000 μ.)	4. Ὑψισωρεῖται Ac	Διαφώτιστοι (Ac tra) Σκιεροὶ (Ac op)
	5. Ὑψιστρώματα As	Σωρεϊτογενεῖς (Ac-cug)
		Διαφώτιστα (As tra), Σκιερὰ (As op)
		Ἰετώδη (As orae)

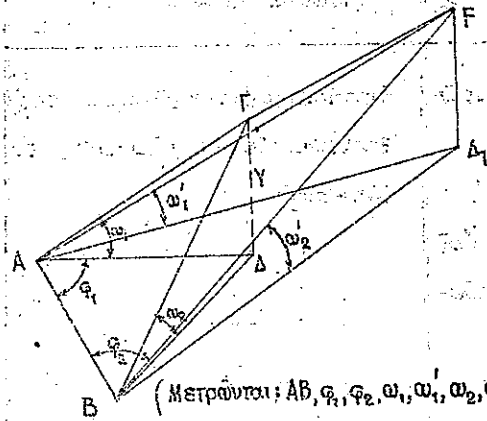
Ὑμάδες νεφῶν (4)	Εἶδη νεφῶν (10)	Εἰδικαὶ μορφαὶ (20)
III. Κατώτερα νέφη (0-2000 μ.)	6. Στρωματοσωρεῖται (Sc)	Διαφώτιστοι (Sc tra) Σκιεροὶ (Sc op)
	7. Στρώματα (s)	Ἐσπερινοὶ (Sc vesp) Σωρεϊτογενεῖς (Sc-cug)
	8. Στρωματομελανίαι (Ns)	_____
IV. Νέφη ἀνοδικῶν ρευμάτων 500 μέ- τρι δυσάνων.	9. Σωρεῖται (Cu)	Χαμηλοὶ (Cuhum) Συσσωρευμένοι (Cucor)
	10. Σωρεϊτομελανίαι (Cuni) ἢ (Cub)	Φαλακροὶ (Cb cal) Τρίχωτοι (Cb cir)

Τὰς κυριώτερας ποικιλίας νεφῶν διακρίνομεν εἰς: πεπλωδῆ (Fumulus) φακοειδῆ (lenticularis) Σωρεϊτοειδῆ (Cumuliformis), Ραστροειδῆ (mammatum) Κυματοειδῆ (Undulatus) καὶ Ἀκτινωτὰ (radiatis).

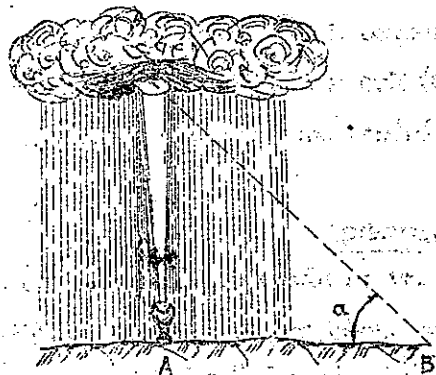
5). Νεφολογικαὶ παρατηρήσεις.

Ἐκ τῆς διαίτητος τῶν νεφῶν τὰ πλεον ἐνδιαφέροντα εἰσὶν εἶναι ἡ ταχύτης καὶ διευθύνσεις τῶν νεφῶν, τὸ ὕψος αὐτῶν καὶ ἡ τοπι-
κή καὶ χρονική ὑπ' αὐτῶν κάλυψις τοῦ οὐρανοῦ ἢ τοῦ ἡλίου.

5^a). Ἡ ταχύτης καὶ κατεύθυνσεις τῶν νεφῶν, προσδιορίζεται ὑπὸ δύο παρατηρητῶν μετὰ θεοδολίχων, ὅποτε διὰ μετρήσεως τῆς μεταξὺ αὐτῶν ἀποστάσεως καὶ τῶν ὀξυμοιδίων καὶ τῶν γωνιῶν (θ_1, θ_2) σημείου τινος τοῦ νέφους (τέρματος αὐτοῦ λ.χ.) εἰς δύο χρονικὰς στιγ-
μάς (t_1, t_2) προσδιορίζεται ἀπολύτως ἡ κατεύθυνσις, τὸ ὕψος καὶ ἡ τα-
χύτης αὐτοῦ (βλ. σ. 53). Ἡ μέθοδος αὕτη ἀπαιτεῖ χρόνον παρατηρή-
σεων ἱκανόν καὶ τηλεπικοινωνικὴν συνδῆσιν τῶν δύο παρατηρητῶν.



Σχ. 53. Μέτρησις ταχύτητας, διευθύνσεως και (ύψους νεφους).

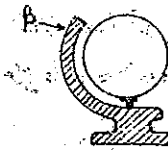


Σχ. 54. Νυκτερινή μέτρησις ύψους νεφους.

Δι' άλλας πρακτικὰς εφαρμογὰς γίνεται χρῆσις ἀπλῶν γεωδαιτικῶν ὀργάνων μικρᾶς ἀκριβείας (ν.ε.φ.ο.ε'κόπ.ι.α), ἀμέσου ἀποδόσεως. Διὰ τὴν πλήρη ὑπ' αὐτῶν ἀποτυπώσιν τῶν νεφῶν ἀπαιτεῖται ἐκ παραλλήλου ἢ κεκωρισμένη μέτρησις τοῦ ὕψους τοῦ νέφους. Τοῦτο μετράται τὴν μὲν ἡμέραν διὰ μπαλονίων (μέτρησις χρόνου ἀπὸ ἀφάσεως ἐκ τοῦ εἰδώλου μέχρι ἐξαφανίσεως ἐν τῷ νέφει) τὴν δὲν νύκτα δι' ἰσχυρῶν προβολέων, ὧν τὸ ἴχνος εἰς τὴν κάτω βάσιν σκοπεύεται ἐκ σημείου γνωστῆς ἐκ τοῦ προβολέως ἀποστάσεως AB ὅποτε προσδιορίζομένης τῆς γωνίας α, εὐρίσκεται τὸ ὕψος $h = AB \cdot \epsilon\phi.\alpha$ (Σχ. 54).

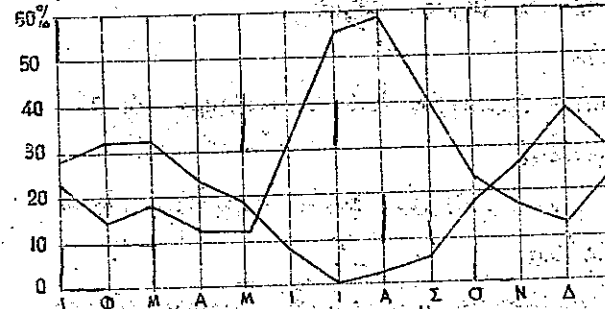
Δι' άλλας πρακτικὰς εφαρμογὰς γίνεται χρῆσις ἀπλῶν γεωδαιτικῶν ὀργάνων μικρᾶς ἀκριβείας (ν.ε.φ.ο.ε'κόπ.ι.α), ἀμέσου ἀποδόσεως. Διὰ τὴν πλήρη ὑπ' αὐτῶν ἀποτυπώσιν τῶν νεφῶν ἀπαιτεῖται ἐκ παραλλήλου ἢ κεκωρισμένη μέτρησις τοῦ ὕψους τοῦ νέφους. Τοῦτο μετράται τὴν μὲν ἡμέραν διὰ μπαλονίων (μέτρησις χρόνου ἀπὸ ἀφάσεως ἐκ τοῦ εἰδώλου μέχρι ἐξαφανίσεως ἐν τῷ νέφει) τὴν δὲν νύκτα δι' ἰσχυρῶν προβολέων, ὧν τὸ ἴχνος εἰς τὴν κάτω βάσιν σκοπεύεται ἐκ σημείου γνωστῆς ἐκ τοῦ προβολέως ἀποστάσεως AB ὅποτε προσδιορίζομένης τῆς γωνίας α, εὐρίσκεται τὸ ὕψος $h = AB \cdot \epsilon\phi.\alpha$ (Σχ. 54).

δ.γ.) Ἡ ἡλιοφάνεια, ἐνός τοῦ μετρά την διάρκειαν καθ' ἣν προσιπτοῦσιν αἱ ἡλιακαὶ ἀκτῖνες ἀπὸ τῆς ανατολῆς μέχρι τῆς δύσεως τοῦ ἡλίου εἰς τὸν ἐν λόγῳ τύπον. Ἡλιοφάνεια μετράται διὰ τῶν ἡλιογραφῶν. Ὁ ευνηδέστερος ἐξ αὐτῶν τύπος ἀποτελεῖται ἐξ υαλίνης συμπαγοῦς σφαίρας (α) ἐστηριζομένης εἰς σημείον τῆς βάσεως αὐτῆς καὶ περιβάλλομένης ὑπὸ κοίλου τμήματος ὁμοκεντροῦ σφαίρας (β), ἥτις εὐρίσκεται εἰς τοιαύτην ἀπόστασιν ὥστε νὰ ἐκρηματίζηται εἰς τὴν ἐσωτερικὴν αὐτῆς ἐπιφάνειαν, τὸ διὰ τῆς υαλίνης σφαίρας εἶδωλον τοῦ ἡλίου



Σχ. 54α

(ἐκ 54α). Ἐπὶ τοῦ ἐσωτερικοῦ τῆς κοίλης σφαίρας τοποθετεῖται εἰδικὸς χάρτης, ἐπὶ τοῦ ὁποῦ κινεῖται τὸ εἶδωλον τοῦ ἡλίου κατὰ τὴν τροχίαν αὐτοῦ εἰς τὸ στερέωμα. Ἡ κίνησις ἀποτυπῶνται διὰ καραγῆς τοῦ καιομένου χαρτοῦ ὑπὸ τοῦ ἡλιακοῦ εἰδώλου. Κατὰ τὸν χρόνον νεφώσεως ἡ καιομένη καραγὴ ἐξαφανίζεται καὶ ποιουτοτρόπως εὐρίσκεται ἀμέσως τὸ ποσοστὸν τῆς ἡλιοφάνειας.



Σχ. 54β.

Εἰς τὸ ἐκῆμα 54β. ἐμφαίνεται ἡ μέση μηνιαία ἐκατοστιαία ἀναλογία νεφώσεων καὶ αἰθρίων ἡμερῶν ἐν θεσσαλονίκῃ.

Εἰς τὸ ἐκῆμα 54β. ἐμφαίνεται ἡ μέση μηνιαία ἐκατοστιαία ἀναλογία νεφώσεων καὶ αἰθρίων ἡμερῶν ἐν θεσσαλονίκῃ.

5.3. Ὑδατώδεις καταπτώσεις

α. Αἷτια ἐκρηματισμῶ τῶν καταπτώσεων.

Τὰ νέφη ὡς ἐλέχθη ἀποτελοῦνται ἀπὸ συμπυκνῶμενα ὑδατῶδη μετέωρα, ταῦτα δὲ ὑπὸ ὠριμένης συνθήκης καταπίπτουν ἐπὶ τῆς γῆς ὑπὸ διαφόρους μορφὰς ὡς αὐτῶν καταπτώσεων

η κατακρήνισσεων.

Ποιαι ακριβώς αι συνδηκαι δια την κατακρήνισιν τούτων δεν είναι γνωστόν. Τα υγρά και στερεά μόρια των νεφών αποτελούν κολλοειδή εναιωρήματα εν τω κορεσμένω αέρι. Όταν τα αιωρήματα ταυτα είναι αεταδι ή ηται αι κολλοειδεις αυτών ούσαι τείνουσιν να συνενωθωσιν τότε προκαλούνται αι καταπτώσεις, αντιθέτως. δε όταν τα κολλοειδή αιωρήματα είναι εταδερά τότε δεν πίπτει βροχή.

Δια την κολλοειδή αεταδιαν των νεφών εδόθησαν διάφοραι εξηγήσεις αιτινες κατά τας μέχρι σήμερα εκτεθείσας απόψεις είναι αι ακόλουθοι:

1. Η ηλεκτρική μεταξύ των μορίων έλξις
2. Υδροδυναμική έλξις
3. Η πιώς των τάσεων υδρατμών από τα μικρότερα εις τα μεγαλύτερα εταγονίδια.
4. Η πιώς των τάσεων υδρατμών από τα θερμότερα εις τα ψυχρότερα εταγονίδια.
5. Η παρείερσεις εξαιρετικώς υγρασκοπικών πυρήνων, (εμφανιζομένων κυρίως εις μορφήν οξειδίων του άνθρακος, προκαλυμμένην από τας ηλεκτρικας εκκενώσεις των αστραπών.
6. Συγκρούσεις μεταξύ σωματιδίων όφειλόμεναι εις το στροβιλοειδές της ροής του ανέμου τουτέστιν των νεφών (Turbulence) και τέλος
7. Η πιώς των τάσεων υδρατμών από τα εταγονίδια της βροχής προς τους παχοκρυσταλλους.

Εκ των ανωτέρω απόψεων η τελευταία περί "παχοκρυσταλλων" θεωρία του Bergeron (1933) συμπληρωθείσα εν πολλοίς υπό του Findeisen (1938). Κατά την θεωρίαν ταύτην υπολογισμός ποσότης βροχής δύναται να καταπέση μόνον εκ νεφών εν οίς συνυπαρ-

χουν η υγρά και η στερεά μορφή του υδατος εις θερμοκρασίας κάτω του μηδενός. Κατά την συνυπαρξιν των μορίων των δύο τούτων μορφών είναι δυνατόν να εμφανισθ η υπερκορεσμός του αέρος εν εσει προς τοι πάχυν, κορεσμός δε η ελαφράς ελλειψις κορεσμού εν εκέσει προς τα υγρά εταγονίδια, η δε πίεσις των υδρατμών θα τείνη να λάβη μίαν τιμήν μεταξύ των δύο αντιτετοικών βαθμών κορεσμού. Ουτω η μεγίστη διαφορά παρουσιάζεται εις θερμοκρασίαν -13° C. ενθα προφανώς η πίεσις θα ανέλθ η εις 2,13 χιλιοστοβάρα ή ης είναι μεγαλύτερα της απαιτουμένης δια κορεσμόν άνωθεν του πάχους (2,00 χιλιοστοβάρα) και μικρότερα της αντιτετοίχου δια κορεσμόν άνωθεν υδατος (2,25 χλβρ.). Τότε θα εμφανισθ η εξατμισις των εταγονιδίων υδατος και συμπύκνωσις εις τους παχοκρυσταλλους (Bergeron).

Η θεωρία αυτή φαίνεται επαληθευμένη υπό πλείστων μετεωρολογικών παρατηρήσεων.

β. Είδη των μετεωρολογικών καταπτώσεων.

Αι μορφαί υφ' ας εμφανίζονται αι καταπτώσεις επί του εδάφους είναι πολλαι, η δε ονοματολογία αυτών και αι υποδιακρίσεις ποι κίλλων από χώρας εις χώραν.

Θα περιορισθώμεν ένταυθα εις τας κυριωτέρας, δίδοντες έν παρενθέσει την διεδνη αυτών εήμανσιν και ένιους ξενογλώσσους όρους:

β.α.) Ψιχάλα () λεπτά εταγονίδια βροχής, διαμέτρου μικρότερας των 0,5 χιλιοστών μέ μηδαρινήν έντασιν, ήτοι 1 χιλιοστού/ώραν (drizzle, mist). Προέρχονται κυρίως από χαμηλά "στρώματα".

β.β.) Βροχή (•) με εταγονίδια μεγαλύτερας των 5 χιλιοστών (rain, pluie, regen). Προέρχεται κυρίως από στρώματομελαίας.

β.γ.) Πάχνη (☼) ὁμογενῇ, διαφανῇ στρώματα πάχους ἐκ ημε-
ραιῶν εἰς μήνας, πηδούμενα διὰ τῆς ψύξεως, ψυχᾶς ἢ βρο-
χῆς, ἐρχομένων εἰς ἐπαφὴν μετὰ ψυχρῶν
ἀντικειμένων (glaze). Παρουσιάζεται συ-
νήθως εἰς θερμοκρασίαν 0° C.

β.δ.) Χιονό-νερο (✱) διαφανεῖς σφαιρικοὶ κόκκοι πάχους ἔν-
δεκα ἀγγλίας αἵ αὐτοὶ καταπτώσεις θεωροῦν-
ται περιέχουσαι συγχρόνως βροχήν καὶ
χιόνον. Ἐμφανίζεται εἰς θερμοκρασίας μι-
κροτέρας τοῦ 0° (sleet).

β.ε.) Χιόνον (✱) πτώσεις τοῦ ὕδατος εἰς στερεάν μορφήν
κυρίως εἰς διακλαδιζομένους ἑξαγωνι-
κοὺς κρυστάλλους. Εἰς θερμοκρασίαν ὑ-
ψηλοτέραν τῶν 10° ἐνθύνται μετεξυ τῶν
ἐκρηματίζοντες τὰς νιφάδας (snow,
schnee, neige).

β.στ.) μικρὰ χάλαζα (Δ), ἡμιδιαφανεῖς κυκλικοὶ ἢ ἐπανιώτερον κυ-
νικοὶ κόκκοι τετρηκότος ὕδατος, διαμέτρου
2-5 χιλ. Προέρχονται κυρίως ἀπὸ εὐρει-
τομελανίας (spall hail).

β.ζ.) Μεγάλη χάλαζα (Δ), σφαῖραι ἢ σφροὶ ἐκ πάχους δυνάμεναι
να φθάσουν διάμετρον 5-50 χιλιοστὰ. Πί-
πτει μόνον εἰς μεγάλας καταιγίδας καὶ
οὐδέποτε εἰς θερμοκρασίας μικροτέρας
τοῦ μηδενός. Σχηματίζονται ἀπὸ διαδο-
χικὰ στρώματα διαχωρῶν καὶ θολεροῦ
(oragae) πάχους, πάχους 1 χιλιοστοῦ ἄ-
νὰ στρώμα). Ἡ θερμοκρασία τοῦ πυρῆ-
νος κατέρχεται ἐνίοτε εἰς -30° C (hail)

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω μορφῶν αἱ ἐνδιαφέρουσαι τὸν μηχανικὸν ἀμέ-

ἥως διὰ τὰ υδραυλικά ἔργα καὶ τὴν κυκλοφορίαν τοῦ ὕδατος εἶναι ἡ
βροχή καὶ ἡ χιών.

Τὸ μέγεθος τῶν σταγόνων τῆς βροχῆς ἐπὶ νιῶς ὑπερβαίνει τὰ 7
χιλιοστὰ. Ἡ τελικὴ αὐτῶν ταχύτης ἔχει αἰς ἀκολουθίαν ἐν ἑξέσει μέ-
τῃν διάμετρον τῶν σταγόνων:

φ. 0,5 χιλ.	U = 3,50 μ./sec
1.0 "	4,40 μ./sec
1,5 "	5,7 μ./sec
2.0 "	5,9 μ./sec
3,0 "	6,9 μ./sec
4,0 "	7,7 μ./sec
5,0 "	8,0 μ./sec

γ. Τύποι ὕδατων κατὰ κρημνίσεων.

Ἀναλόγως τῶν μετεωρολογικῶν αἰτίων ἅτινα προκαλοῦσιν
τὰς κατακρημνίσεις διακρίνονται αὗται εἰς τρεῖς κυρίους τύπους:

γ.α.) Ὄρεογραφικαί, ὀφειλόμεναι εἰς τὴν ἀπότομον ψύ-
ξιν ἣτις προκαλεῖται λόγῳ ἀνυψώσεως τῶν νεφῶν ὅταν ταῦτα συναν-
τήσωσιν ὄρεινους ὄγκους. Συνεπεία τούτου παρατηρεῖται διαφορά ὕ-
ψους πτώσεως βροχῆς ἐκατέρωθεν τῶν ὄρων καὶ ὅτ' παρουσιάζονται
μεγάλα ὕψη βροχῆς εἰς τὴν προσήνεμον πλευρὰν αὐτῶν καὶ μικρὰ
ὕψη βροχῆς ἢτοι ὀμβροσκιαι. εἰς τὴν ἐπὶ νιῶν πλευρὰν αὐτῶν.
Οὕτω εἰς τὴν Δ. Ἑλλάδα ἡ βροχή ἔχει μεγαλύτεραν ὕψος, ὀπι-
κῶς τῆς ἀριστερᾶς Πίνδου - Ὀλυνθοῦ.

Ἡ ὀρεογραφικὴ κίνησις τῶν ἀνέμων δύναται νὰ προκαλῇ ἐκ πα-
ραλλήλου λόγῳ τῆς ἀποτόμου ἀνώσεως τῶν νεφῶν καὶ κυκλῶνας ἢ
μεταγωγὴν ὅποτε προσετίθενται εἰς τὸ ὀρεογραφικὸν αἶτιον τῆς
βροχῆς καὶ τὰ δύο ταῦτα ἐπιπλέον αἶτια.

γ.β.) Μεταγωγικαί (convective)

Αἱ μεταγωγικαὶ κατακρημνίσεις ὀφείλονται κυρίως εἰς

τήν μεταγωγὴν (μεταβίβασιν θερμοκρασίας διὰ μεταφοράς) θερμοκρασίας λόγῳ μετακινήσεως ἐλαφροτέρων θερμῶν ρευμάτων ἀέρος ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω.

Τὰ ρεύματα ταῦτα ἀέρος προέρχονται ὡς ἤδη ἐλέχθη εἴτε λόγῳ θερμάνσεως τοῦ ἀέρος τῆς ἐπιφανείας, εἴτε λόγῳ ψύξεως τῶν ὑψηλῶν στρωμάτων ἢ τέλος λόγῳ ἐμφανίσεως μετώπων (γενικῶς μεταβολὴ κλίσεως τῆς πίεσεως). Αἱ βροχαὶ αὗται ἔχουσιν συνήθως μικρὴν διάρκειαν ἢ ἔντασις δὲ αὐτῶν ποικίλλει μεγάλως.

γ.γ) Κυκλωνικά (cyclonic), ὀφειλόμενα εἰς κινήσεις ἀνέμου ὅπου ὑπάρχει καὶ κατακόρυφος ἀνερχομένη συνιστώσα τῆς ταχύτητος τοῦ ἀνέμου καὶ συνδεόμενα μὲ τὰς κινήσεις κυκλώσεως. Συνήθως διακρίνονται εἰς μετωπικά καὶ ἀμετώπους. Ἐφ' ὅσον εἰς τὸν κυκλῶνα εἰς ὃν ἐμφανίζεται ὑπάρχει ἢ ὄχι μέτωπον. Αἱ μετωπικαὶ βροχαὶ διακρίνονται εἰς βροχὰς ψυχροῦ καὶ βροχὰς θερμοῦ μετώπου. Αἱ πρῶται ἐμφανίζονται εἰς θερμὸν αέρα φθινοῦρον ἀπὸ εἰσερχόμενον ὄγκον ψυχροῦ ἀέρος καὶ ἐμφανίζονται συνήθως εἰς τὸ μέτωπον μέχρι καὶ 150 km ἔμπροσθεν αὐτοῦ.

Αἱ βροχαὶ θερμοῦ μετώπου ἐχηματίζονται εἰς τὸν ἀπωθούμενον θερμὸν αέρα ὑψούμενον ὑπεράνω εὐηνός ψυχροῦ τοιοῦτου. Αἱ βροχαὶ αὗται ἐκτείνονται 150-300 km πρὸ τοῦ μετώπου καὶ παρουσιάζουν συνεχεῖς μετρίας ἢ ἐλαφράς βροχὰς διαρκούσας μέχρι τῆς διαβίσεως τοῦ θερμοῦ μετώπου.

Αἱ βροχαὶ ψυχροῦ καὶ θερμοῦ μετώπου δίδονται χαρακτηριστικῶς εἰς τὰ σχήματα 8^α καὶ 8^β (σελ. 19) καὶ τὸ σχῆμα 10 (σελ. 22).

δ. Μέγεθος τῶν ὑδατωδῶν κατακρημνίσεων.

Τὸ μέγεθος τῶν ὑδατωδῶν κατακρημνίσεων ἐκφράζεται εἰς ὕψος ἐπὶ ἑλῆς ὕδατος ἰσοδυναμῶν πρὸς τὰς πέσουσας κατακρημνίσεις εἰς τὴν μονάδα ἐπιφανείας. Τὸ ὕψος ἐπὶ ἑλῆς ὕδατος ἐκφράζεται συ-

νήθως εἰς χιλιοστά.

Αἱ ὑδατωδεῖς κατακρημνίσεις καὶ ἐξ αὐτῶν κυρίως ἡ βροχή (κατὰ μείζονα διὰ τὴν Ἑλλάδα λόγον) καὶ ἡ χιών (κατ' ἐλάσσονα λόγον) ἀποτελοῦν τὰς κυρίας πηγὰς ἐμφανίσεως καὶ κυκλοφορίας τοῦ ὕδατος εἰς τὰς διαφορὰς μορφὰς αὐτοῦ (ρέοντα, εἰσέλμα, ὑπόγεια ὕδατα) ὑφ' ἧς χρησιμοποιεῖται εἰς τὰ ὑδραυλικά ἔργα. Διὰ τὸν λόγον τοῦτον ἡ λεπτομερὴς ἐπουδὴ τοῦ μεγέθους, τῆς διαιρέσεως καὶ τῆς μετρήσεως τῆς βασικῆς ταύτης ὕλης θέλει γίνῃ ἰδιαίτερος εἰς τὸ ἐπόμενον Κεφάλαιον II.

Γ. Καιρὸς καὶ κλίμα

1. Σπουδὴ τοῦ καιροῦ.- Καιρικοὶ χάρται.

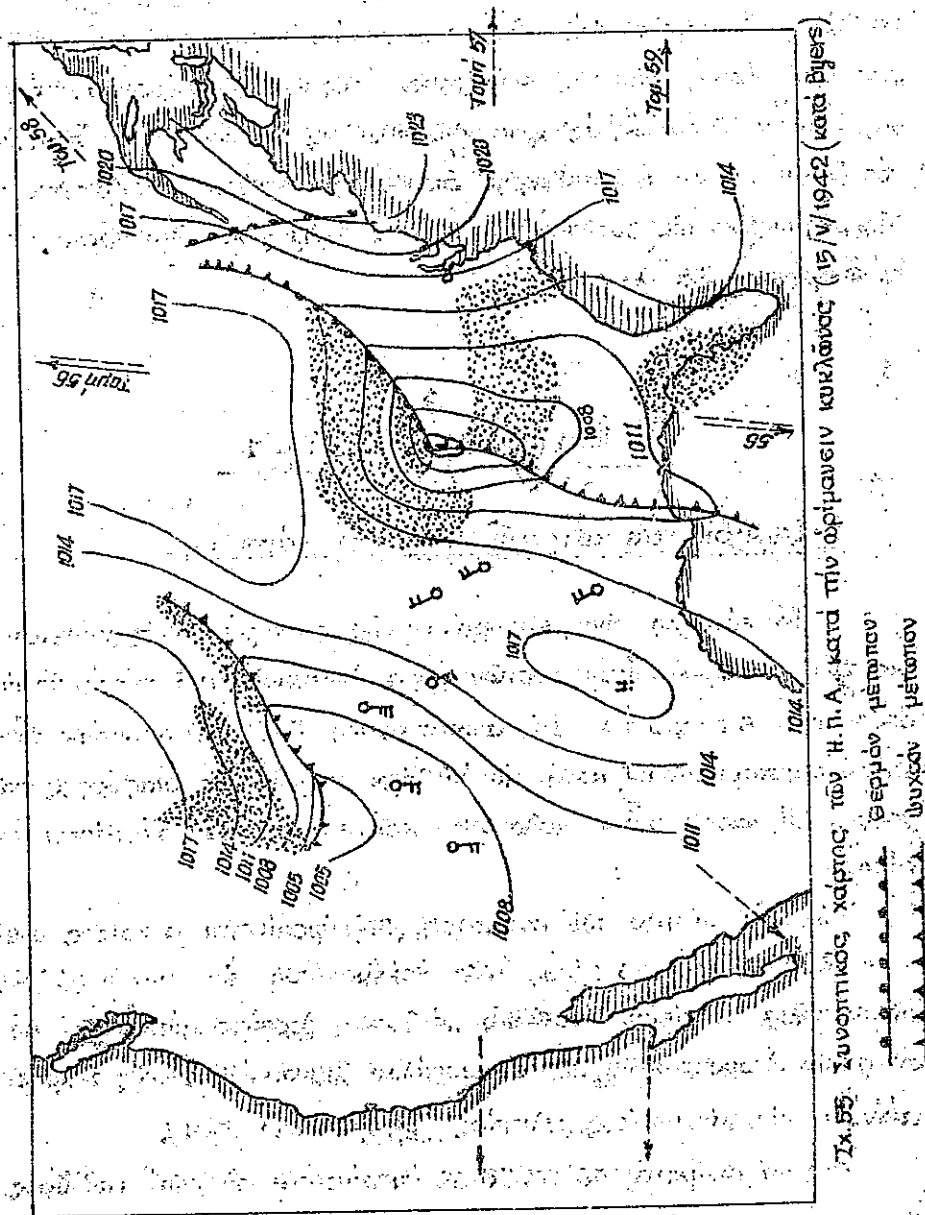
Τὸ σύνολον τῶν μετεωρολογικῶν φαινομένων ἐμφαίνεται διὰ τῶν μετεωρολογικῶν χαρτῶν ἐνθα ἀποτυπῶνται ὁ καιρὸς εἰς μίαν δεδομένην ἐπιγμένην διὰ ἀποτυπώσεως ὅλων τῶν στοιχείων αὐτοῦ ἅτινα παρατηρήθησαν κατὰ τὴν ἐν λόγῳ ἐπιγμένην εἰς διαφορὰς ἐταῖρους. Οἱ χάρται οὗτοι καλοῦνται καὶ εὐνοπτικαὶ χάρται εὐνήθως.

Εἰς τὸν χάρτην τοῦ σχήματος (55) ἐμφαίνεται ὁ καιρὸς ὑπεράνω τῶν ΗΠΑ τὴν 15/5/43, ἐνθα ἐσηματίσθη εἰς κυκλῶν (L) εἰς Ἰνδιανάπολιν μὲ πίεσιν 1002 mb, μὲ βροχὰς βορείως αὐτοῦ καὶ μὲ ἀντίθεσιν θερμοκρασιῶν εἰς τὰς μεγάλας λίμνας. Ἡ ἐκάστη προεκτείνεται εἰς τὰς νοτίους πολιτείας (βλ. καμπύλας 1001).

Εἰς τὰ σχήματα 56, 57, 58, 59 ἐμφαίνονται αἱ τσραὶ καθ' ὕψος ἐπὶ τοῦ χάρτου τοῦτου. Εἰς τὸ σχ. 56 (1-156) δίδεται ἡ τομὴ διὰ τοῦ θερμοῦ μετώπου ἐκ B πρὸς N.

Εἰς τὴν τομὴν ταύτην ἐμφαίνονται οἱ θερμοὶ νοτιοὶ ἀνεμοὶ ἀνερ-

χόμενον μέ την κλίσιν του θερμού μετώπου (υπεράνω του Detroit) προσκαλύπτεται στρωματομελανίας. Νs και βροχήν. Στρώματα σχηματίζονται εις τον ψυχρόν αέρα και υπό το θερμόν μέτωπον. Το μέτωπον ευ-



ρίσκεται άνωθεν του Detroit εις ύψος 700-1000 μ. Ένθα η θερμοκρασία άνέρχεται από 8° έως 13° και η περιεκτικότητα υδρατμών (εις

gr/kg - ξηρού αέρος) άνέρχεται επί 7.3-10.4 gr/kg. Η θυνητική θερμοκρασία^(*) εις το μέτωπον είναι 29.5° A. - Εις Salt St. Marie ο θερμός αήρ όθεν έχει εδάση είσέτι τον βαθμόν κορεσμού.

Εις το σχήμα 57 δίδεται η τομή έξ Α-Α από St-Louis εις Washington (βλ. θέσιν τομής εκ. 57 εις σχήμα 56) ένθα είναι έμφανής η θέσις του ψυχρού μετώπου. Εις το Saint Louis αι θερμοκρασία έντες του πρώτου χιλιομέτρου, καθ' ύψος, της ατμοσφαιρας είναι περί τούς 15° χαμηλότεραι η εις το Huntigton, η διαφορά δέ αύτη παρατηρείται και εις μεγαλύτερα ύψη. Η είδική υγρασία καθ' όλον το ύψος υπεράνω του St. Louis είναι σταθερά περίπου μεταξύ 5.1 και 5.3 gr. ανά kg. Ξηρού αέρος.

Εις το σχήμα 58 έμφαίνεται πάλιν το ψυχρόν μέτωπον μέ παχέαν γραμμήν.

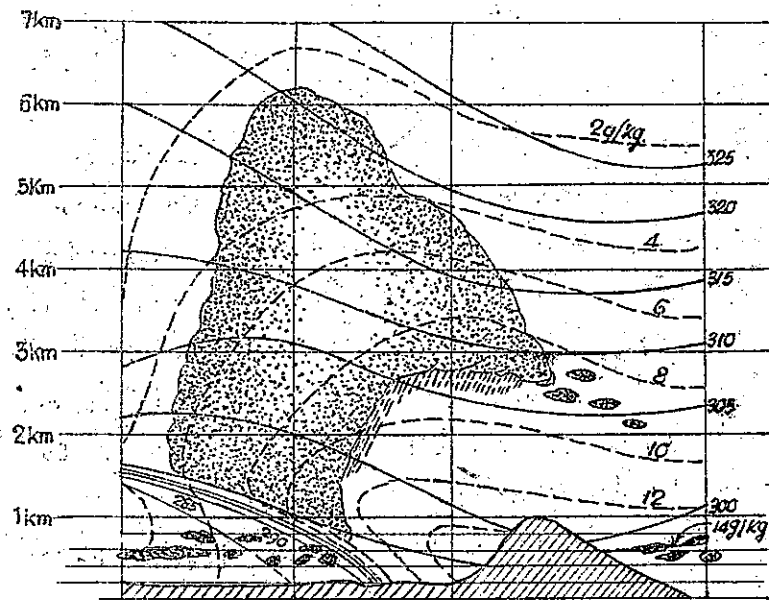
Τέλος εις το σχήμα 59 δίδεται η τομή εις τας νοτίους Πολιτείας, και παρουσιάζει ένα ένδιαφέρον και σύνθετον φαινόμενον διανομής της υγρασίας περίξ του ψυχρού μετώπου. Ο αήρ άνωθεν της Lake Charles είναι άρκετά ξηρός, προφανώς διότι ο δυτικός άνεμος είναι άρκετά ψυχρός.

Ο ως άνω κυκλών μετά την ετιχημήν της άνωτέρω αποτυπώσεως του έξηκολούθησεν βαίνων άνατολικώς και ήρчисεν υφιστάμενος άποκλεισμόν.

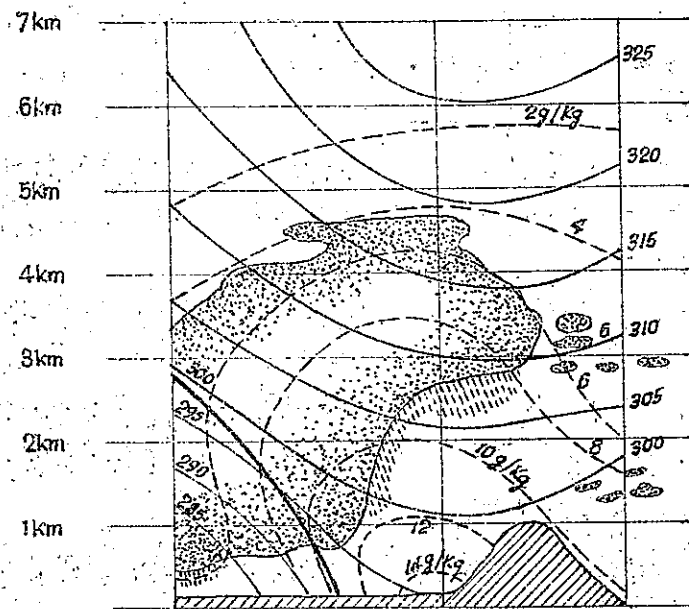
Διά των άνωτέρω εκημάτων δίδεται ένα παράδειγμα της μελέτης του καιρού διά των συνοπτικών χαρτών.

Γενικώς οι κυκλώνες χαρακτηρίζονται διά της άεταδείας αυτών και της μετακινήσεως των εκ θυερών προς Α. Οί κυκλώνες

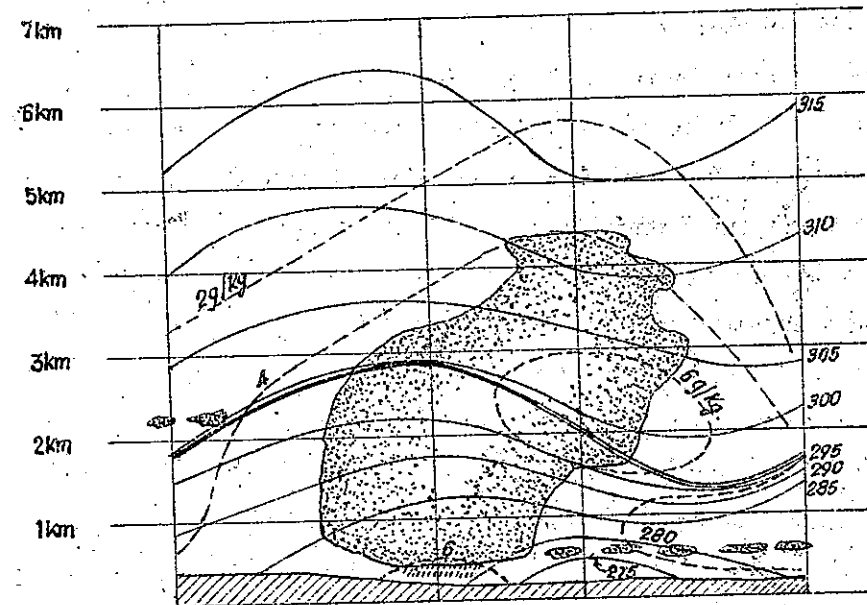
(*) Δυνητική θερμοκρασία εις απόλυτους βαθμούς είναι η θερμοκρασία ην θα έλαμβανε ο αήρ έν η πίεσις αυτού ήλατιστο ά διαβατικώς εις πίεσιν 1000 m (θερμοκρασία 27.3° A είναι απόλυτος θερμοκρασία η άντιστοιχούσα εις 0° C).



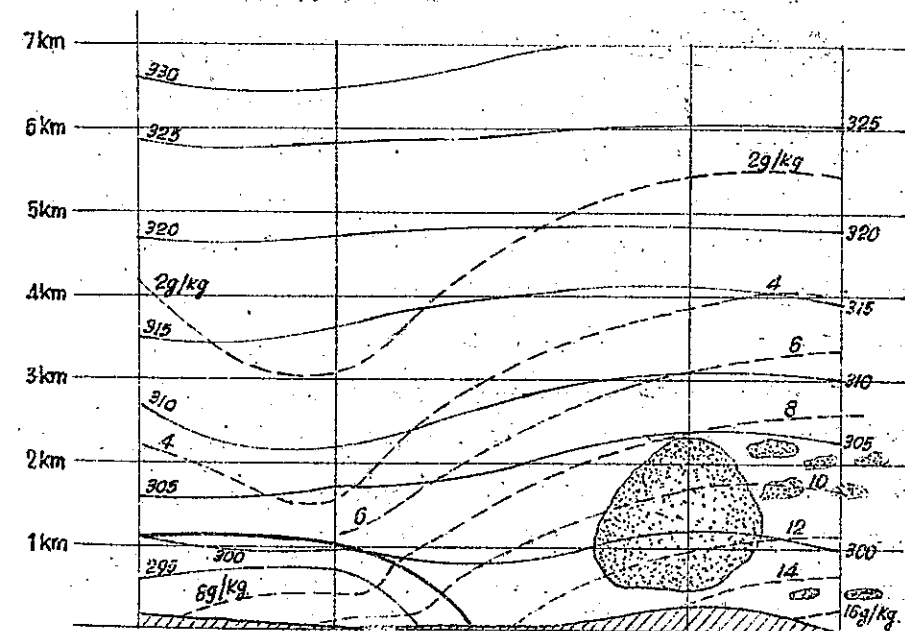
Σχήμα 56.



Σχήμα 57.



Σχήμα 58.

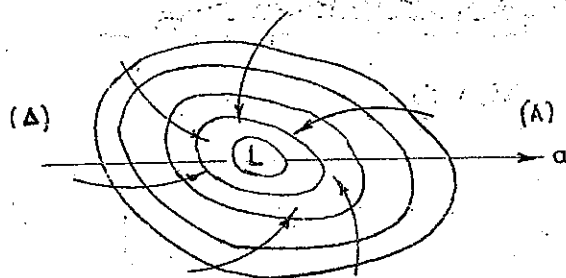


Σχήμα 59.

οἷτινες διασχίζουν τὴν Εὐρώπην ἐκ τοῦ Ἀτλαντικοῦ ὠκεανοῦ ἀκολουθῶν τὰς ἐξῆς ὁδοὺς:

Ἡ πρώτη βαίνει ΒΑ τῶν Ἀγγλικῶν νήσων εἰς τὰς Β ἀκτὺς τῆς Εὐρώπης, ἡ δευτέρα διερχομένη ὁμοίως ἐξ Ἀγγλίας καὶ τῆς Β. θαλάσσης βαίνει πρὸς τὴν Βαλτικὴν, ἡ τρίτη διασχίζει τὴν Μάγχην καὶ τὴν βόρειον Γερμανίαν καὶ ἡ τετάρτη διὰ τῆς Ἰσπανίας, τέμνει τὴν Ἰταλίαν καὶ διέρχεται ἀπὸ τὰ βορειότερα μέρη τῆς Βαλκανικῆς. Μέρους μεταξὺ τῆς κεντρικῆς Εὐρώπης καὶ τῆς Βαλκανικῆς δὲν διασχίζεται ὑπὸ κυκλῶνων.

Ὅταν κυκλῶν ἐν τῇ νοτίᾳ Εὐρώπῃ διασχίζει τόπον τινά νοτίως αὐτοῦ πνέουν κατ' ἀρχὴν Ν. ἕως ΝΑ ἄνεμοι, ψυχροὶ τὸν χειμῶνα καὶ



Σχ. 60. Πορεία κυκλῶνος

θερμοὶ τὸ θέρος, μετατρέπομενοι βαθμιδῶν εἰς ΒΑ καὶ Β., ψυχροὺς πάντοτε, καὶ τέλος εἰς Δ. Περὶ τὸ τέλος τοῦ κυκλῶνος ἐμφανίζεται καὶ μιὰ περιοχὴ βροχῶν. Ἐάν ὁ κυκλῶν ἐμφανίζεται βορείως τοῦ τόπου οἱ

ἄνεμοι δὲ εἶναι κατ' ἀρχάς Ν. θερμοὶ καὶ ἥεροί, εἴτα ΝΔ ἕως Δ. με βροχάς.

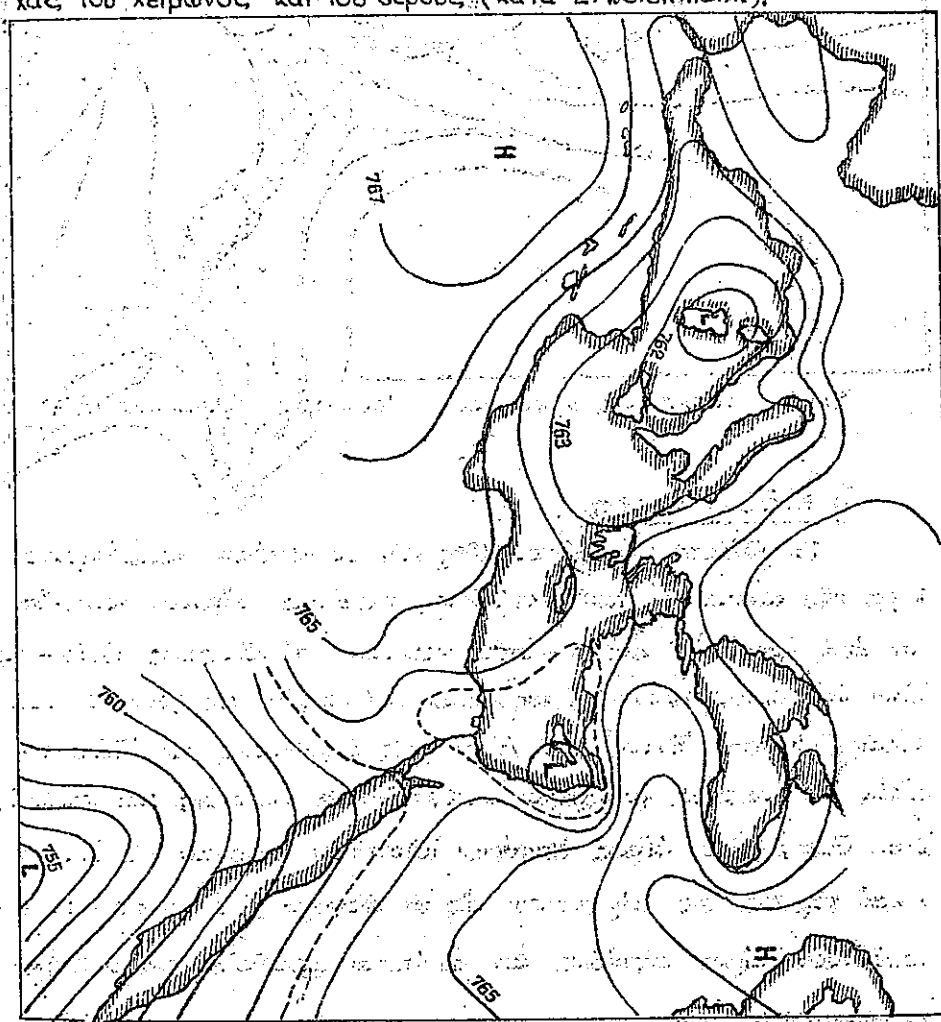
Οἱ ἀντικυκλῶνες διακρίνονται εἰς δύο τύπους, τοὺς προσωρινούς, οἷτινες μετακινῶνται ὡς οἱ κυκλῶνες καὶ οἷτινες εἶναι ἐπώνιοι ἐν Εὐρώπῃ καὶ εἰς μονίμους. Οὗτοι, διὰ τὴν Εὐρώπην, ἔχουν τὰ κέντρα ἐνεργείας αὐτῶν εἰς τὰς Ἀζόρας καὶ τὴν Σιβηρίαν. Μεταξὺ τούτων ὡς ἐνύλων σταθερῶν διασχίζουν τὴν Εὐρώπην οἱ κυκλῶνες.

Εἰς τὸ κέντρον τῶν ἀντικυκλῶνων ὁ καιρὸς εἶναι αἰθριος καὶ ἡ ἀτμόσφαιρα ἡρεμὸς με πολὺ χαμηλὰς θερμοκρασίας τὸν χειμῶνα καὶ ὑψηλὰς, τὸ θέρος. Λόγῳ μεγάλης ἀκτινοβολίας ἀπὸ τῆς γῆς κα-

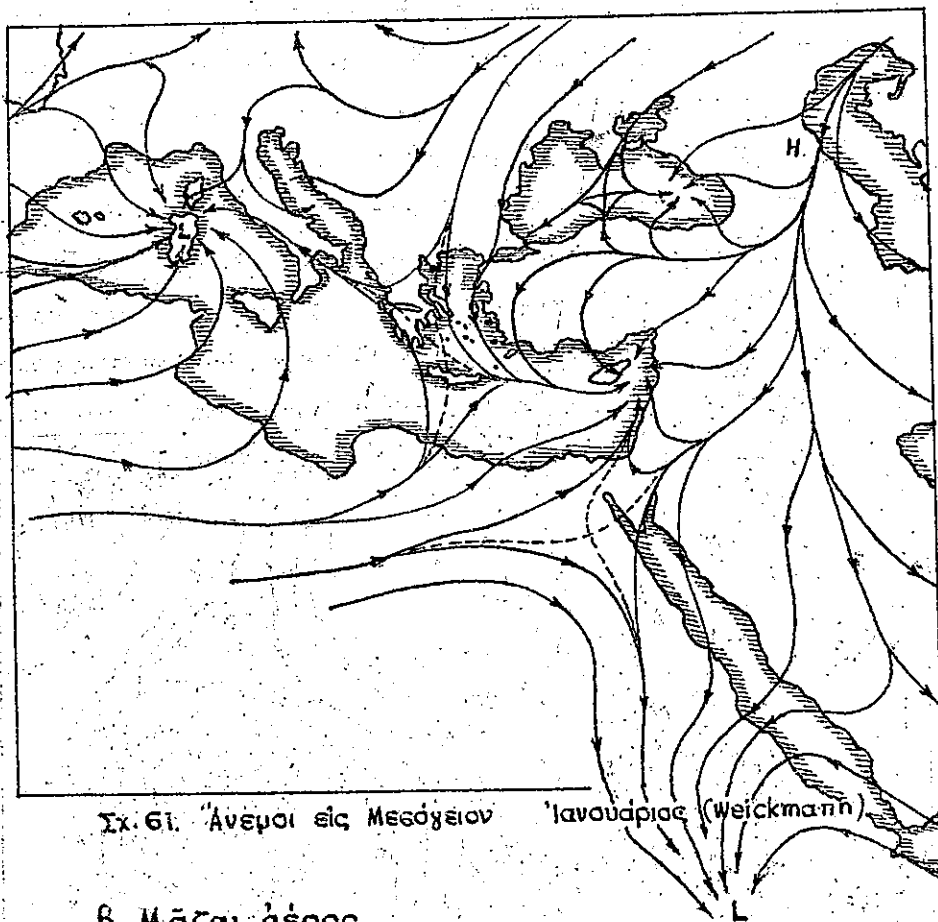
τὰ τὴν νύκτα καὶ τῆς ψύξεως τοῦ ἀέρος ἐμφανίζεται μεγάλη ὑγρασία (ὁρόσος, ὁμίχλη, κλπ), δι' ὃ καὶ αἱ πρῶναι ὁμίχλαι προσγγέλου καλὸν καιρὸν.

Τὸ κλίμα τῆς Ἑλλάδος ἐπηρεάζεται ἀπὸ τοὺς κυκλῶνας καὶ ἀντικυκλῶνας τῆς Μεσογείου, τῶν Ἀζορῶν καὶ ἐπαινὸς τῆς Ρωσίας. Ἐπικρατέστεροι εἶναι οἱ ἀντικυκλῶνες.

Εἰς τὰ ἐπόμενα ἐκλήματα 60, 61, 62 καὶ 63 διδόνται αἱ βαρομετρικαὶ πιέσεις καὶ οἱ ἄνεμοι τῆς Μεσογείου (μέσαι τιμαί) κατὰ τὰς ἐποχὰς τοῦ χειμῶνος καὶ τοῦ θερος (κατὰ L. weickmann).



Σχ. 60. Βαρομετρικαὶ πιέσεις εἰς Μεσόγειον Ἰανουάριον (Weickmann)

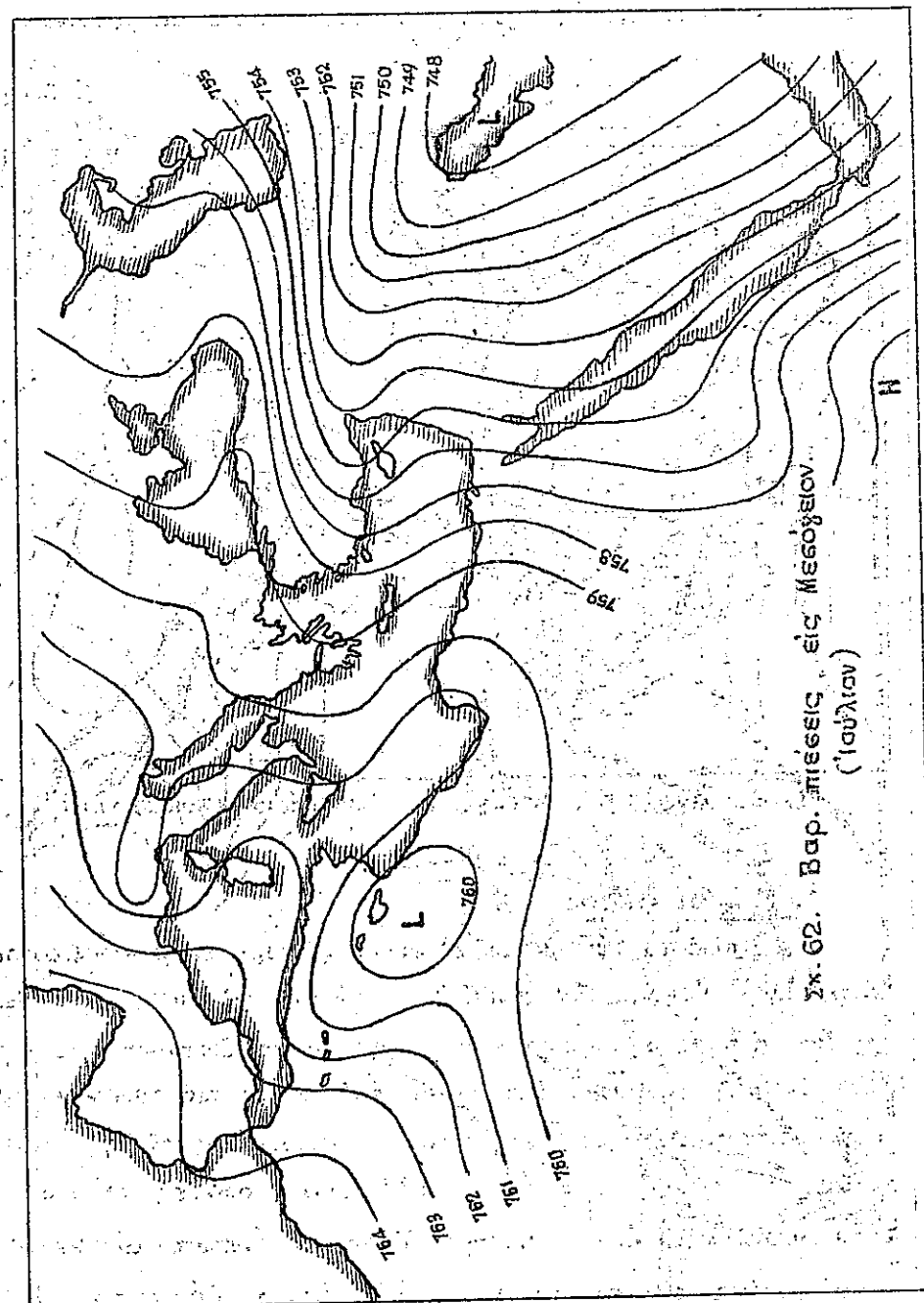


Σχ. 61. Άνεμοι εἰς Μεσόγειον Ἰανουάριος (Weickmann)

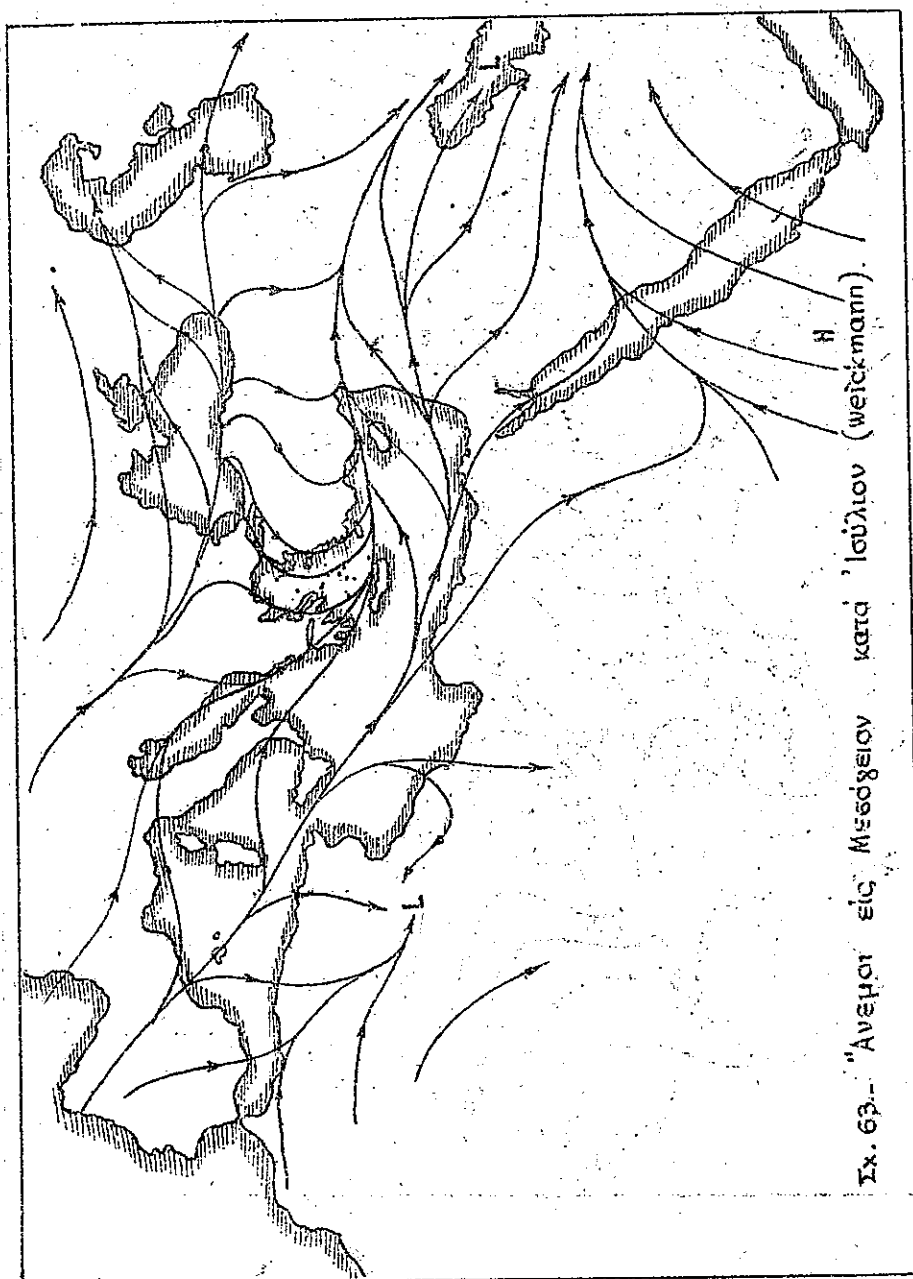
β. Μάζαι ἀέρος.

Τὰ πλεῖστα τῶν μετεωρολογικῶν φαινόμενων μεταβάλλονται λόγῳ τῆς κινήσεως τῶν μαζῶν ἀέρος αἵτινες μετατίθενται ἀπὸ ὀρισμένα σημεῖα - ἔνθα γεννῶνται αἱ ιδιότητες αὐτῶν - εἰς ἄλλα ἀπομακρυσμένα, διατηροῦσαι ἐπὶ μακρόν τὰς γεννεθείους αὐτῶν ιδιότητας. Ἐντὸς τοῦ χρόνου τῆς ἐμφάνισεως τῶν ιδιοτήτων αὐτῶν τὰ καιρικὰ φαινόμενα μεταβάλλονται βραδέως καὶ σταθερῶς. Ὅταν, ὅμως, μάζαι ἀέρος διαφόρων ιδιοτήτων ἔρχονται εἰς ἐπαφὴν - καὶ κυρίως εἰς σύγκρουσιν εἰς τὰ διάφορα μέτωπα - τότε λαμβάνουν χώραν αἰφνίδιαι καὶ ἀπότομοι μεταβολαὶ τῶν μετεωρολογικῶν φαινόμενων.

Αἱ περιόχαι προελεύσεως τῶν μαζῶν ἀέρος με διαφόρους



Σχ. 62. Βαρ. πίσεις, εἰς Μεσόγειον (Ἰούλιον)



Ix. 63. - Άνεμοι εἰς Μεσόγειον κατὰ Ἰούλιον (Weickmann)

ιδιότητος, καθορίζονται ἀπὸ τὰ γενικὰ ἀτμοσφαιρικά συστήματα, ἀπὸ τὰ ὁποῖα καὶ αἱ μᾶσαι αὗται λαμβάνουν τὰς ιδιότητας αὐτῶν. Τοιοῦτοτρόπως διακρίνονται τὰς ἀκολουθοῦσας μᾶσας ἀέρος:

- 1) Ἀρκτικαὶ μᾶσαι (Α) γεννῶμεναι εἰς τὰς ἀρκτικές περιοχὰς καὶ φέρουσα πάντοτε ψυχρὸν καιρὸν, πνέουσαι νοτίως τῆς ἀρκτικῆς ζώνης. Περιέχουν ὀλίγην ὑγρασίαν, ἐλλείψει κόνεως εἶναι τελείως διαυγεῖς, δὲν προκαλοῦν νέφωσιν καὶ ἐπιτρέπουσιν μεγάλην ἀκτινοβολίαν δι' αὐτῶν.
- 2) Ἡ μίτροπικαὶ μᾶσαι (Τ) μεταφέρουσαι πρὸς τὰς εὐκράτους ζώνας ἐκ τῶν ἡμιτροπικῶν περιοχῶν θερμὸν ἀέρα. Ἐκφέρουσιν μεγάλην ὑγρασίαν καὶ συχνὰ πολὺν ἐκόνιν, δι' ὃ καὶ ἔχουσιν τάσιν ἐκρηγματισμοῦ νεφῶν. Αἱ διακυμάνσεις τῆς θερμοκρασίας αὐτῶν εἶναι μικραὶ.
- 3) Μᾶσαι τῶν εὐκράτων ζωνῶν (G), λαμβάνουσαι τὰς συνθήκας ὑγρασίας, θερμοκρασίας καὶ ἀκτινοβολίας τῶν ζωνῶν τούτων (45° - 65° πλάτους). Ἀναλόγως τοῦ πλάτους αὐτῶν διακρίνονται εἰς ἡμιτροπικὰς εὐκράτους (GT) καὶ ἀρκτικὰς εὐκράτους GA. (εἰς τὴν Ἀγγλίαν ἡ ζώνη αὕτη καλεῖται πολικὴ - polar).
Αἱ μᾶσαι αὗται ἀναλόγως τοῦ ὑποβάθρου αὐτῶν διακρίνονται εἰς θαλασσίας, m (maritimes) καὶ ἡπειρωτικάς, c, (continentales) ἀναλόγως δὲ τῆς θερμοκρασίας αὐτῶν εἰς θερμὰς W (warm) καὶ ψυχρὰς K (kalt).
Οὗτω τελικῶς αἱ μᾶσαι ἀέρος κατατάσσονται εἰς τὸν ἀκολουθοῦν πίνακα:

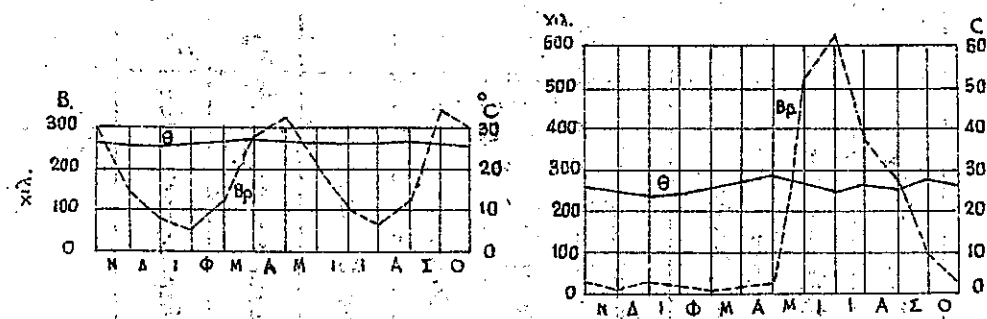
Κύρια μάζα	Προέλευσις		Ιδιότητες μαζών	Κύριος τόπος δημιουργίας αυτών - Προέλευσις
'Αρκτικά (Α)	π Α	π Α Κ	'Αρκτικός θαλάσσιος αήρ	Γροιλανδία, Σπιτοβέργη.
	σ Α	σ Α Κ	'Αρκτικός αήρ ξηρᾶς	Nowaja - Semija, Β. Ρωσία
Ευκράτων ζωνών (G)	π G A	π G A K	Δροσερός θαλάσσιος αήρ	Βόρειος 'Ατλαντικός, Καναδάς.
	σ G A	σ G A K	Ψυχρός αήρ ξηρᾶς	Ἡπειρωτική Ρωσία, Σκανδιναβία
	π G T	π G T W	Ἥπιος αήρ θαλάσσης	Βόρειος 'Ατλαντικός (~50°)
	σ G T	σ G T W	Θερμός αήρ ξηρᾶς	Νότιος Ρωσία, Βαλκανική χερσὶν.
Τροπικά (T)	π T	π T W	Ἡμιτροπικός θαλάσσιος θερμός αήρ	Ἡμιτροπικαὶ θάλασσαί, Ἀζόραι, Μεσόγειος
	σ T	σ T W	Ἡμιτροπικός θερμός αήρ ξηρᾶς	Ἡμιτροπικαὶ Ἠραὶ - Βόρειος Ἀφρικὴ - Ν. Βαλκάνια.

γ. Κλίμα τοῦ τόπου.

Αἱ μέσαι τιμαὶ τῶν μετεωρολογικῶν στοιχείων ἑνὸς τόπου κατὰ τὴν διάρκειαν μακροτέρου χρόνου, ἢ διάρκεια, ἢ ἔντασις καὶ ἡ συχνότης αὐτῶν ἀποτελοῦν τὸ κλίμα τοῦ τόπου.

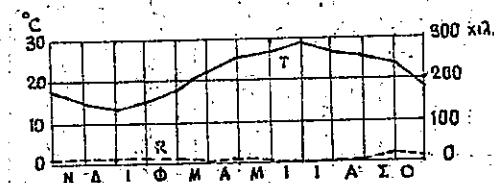
Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω στοιχείων διακρίνουμεν εἰς τὴν ὑδρόγειον τρεῖς κυρίους τύπους κλιμάτων μετὰ πῦνας ὑποδιαίρεσεις αὐτῶν, ὡς δίδονται ἀκολουθῶνς, ἐπὶ τῇ βάσει τῆς θερμοκρασίας καὶ τῆς βροχῆς ἑκάστου τόπου. (κατὰ Streck).

1^η Ἰσημερινόν κλίμα.



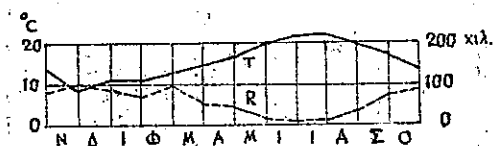
Σχ. 64 α. Ἰσημερινόν κλίμα
(Κεφάληνη)

Σχ. 64 β. Κλίμα μουssonων
(Βορβόρη)



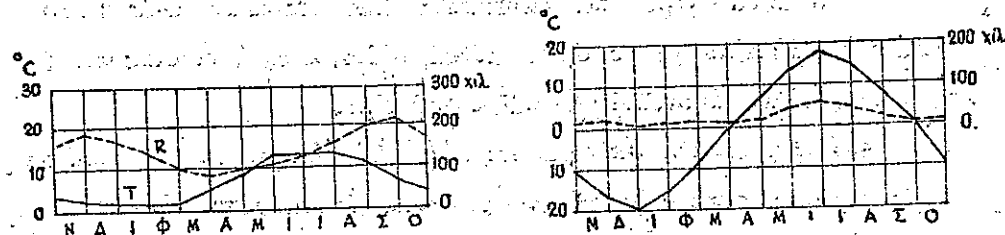
Σχ. 64 γ. Τροπικόν κλίμα
(Καῖρο).

2^η Ἡμιτροπικόν κλίμα.



Σχ. 65. Λισσαβών.

3^ο Κλίμα εύκρατων ζωνών



Σχ. 66. α. Θαλάσσιον κλίμα
(Bergen)

Σχ. 66. β. Ήπειρωτικόν κλίμα
(Irkutsk, Σιβηρία).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΙ.

ΠΡΟΕΛΕΥΣΙΣ ΤΟΥ ΥΔΑΤΟΣ

ΜΕΤΡΗΣΙΣ ΚΑΙ ΔΙΑΙΤΑ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΔΩΝ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΕΩΝ.

Ἐφ' ὅσον αἱ ὑδατῶδεις καταπτώσεις - καὶ ἐξ αὐτῶν μάλιστα ἡ βροχή καὶ ἡ χιών - ἀποτελοῦσιν τὴν κυρίαν πηγὴν προελεύσεως ὕδατος τῶν ὑδάτων τῶν κυκλοφορούντων ἐπὶ τῆς γῆς, διὰ τὴν ῥύθμισιν, ἀξιοποιήσιν ἢ χρησιμοποίησιν τῶν ὁσίων, ἐκτελοῦνται τὰ ὑδραυλικά ἔργα, εἶναι εὐνόητον ὅτι ἡ σπουδὴ τῶν φαινόμενων τούτων δεόν νὰ γίνεταί ἐν πάσῃ δυνατῇ λεπτομερείᾳ.

Ὁ τρόπος τοῦ σχηματισμοῦ τῶν ὑδατῶδων μετῶρων ἐξετάσθη ἤδη λεπτομερῶς εἰς τὸ προηγούμενον κεφάλαιον (κεφ. I § B, 5.2α) ὡς καὶ τὰ αἷτια σχηματισμοῦ τῶν καταπτώσεων καὶ οἱ τύποι τῶν ὑδατῶδων κατακρημνίσεων (B, 5.2α καὶ B, 5.3α καὶ B, 5.3 γ).

Ἡδὴ θελωμεν ἐξετάσει τὸν τρόπον μετρήσεως καὶ τὴν διαίταν τῶν ὑδατῶδων τούτων καταπτώσεων.

A. Μέτρησις ὑδατῶδων κατακρημνίσεων.

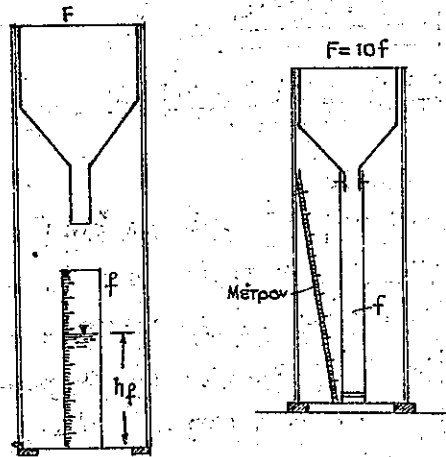
1. Μέτρησις τῶν βροχῶν καὶ χιόνων.

α) Βροχόμετρα. Ἡ βροχή μετρεῖται, εἰς ὕψος με μονάδα τὸ χιλιοστὸν. Οὕτω εἰς ἐπίπεδον δοχεῖον γνωστῆς ἐπιφανείας F εἰάν μετρήσωμεν τὸ ὕψος ἢ ὕδατος ἀπὸ τῆς ἐνδρέξεως μέχρι τοῦ πέρατος μιᾶς βροχῆς ἔχομεν τὸ ὕψος βροχῆς. Τοῦτο προκύπτει ὁμοίως ἐκ τοῦ μετρούμενου ὀγκοῦ Q (τοῦ ὕδατος ἐν τῇ δοχείῳ: $h = \frac{Q}{F}$).

Ἀπλοῦν βροχόμετρον δίδεται εἰς σχῆμα 67. Ἐάν ἡ τὸ ὕψος εἰς χιλιοστὰ τοῦ ὕδατος εἰς ὀγκομετρικὸν κυλινδρον, τότε τὸ ὕψος βρο-

$$\chi\eta\varsigma \quad h_f = \frac{f}{F} h_f \dots$$

Συνήθως η επιφάνεια του όγκομετρικού κυλίνδρου (f) είναι



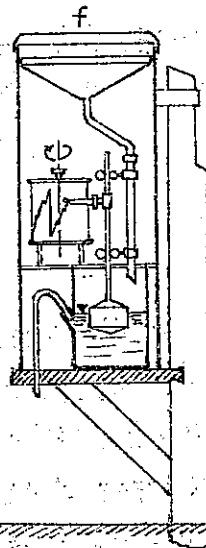
Σχ. 67.

Σχ. 67α.

υποδεκαπλασία της του υποδο-
χέως της βροχής (F), οπότε τα
βροχόμετρα λέγονται δεκαπλα-
σιαστικά. Είς το εκ. 67^α δίδεται το
δεκαπλασιαστικόν βροχόμετρο της
Μετεωρολογικής Υπηρεσίας των Η.Π.Α.

Ο τύπος ούτος των βρο-
χομέτρων οίδει το ύψος της πε-
σούσης βροχής μεταξύ των δύο
περιόδων μέτρησεως του ύδατος
είς τον όγκομετρικόν κυλίνδρον.

Επομένως, εάν η μέτρσις (ανά-
γνωσις) γίνεται είς ώριμμένας ώρας της ημέρας, οίδει το ύψος, ο-
περ έπεσεν μεταξύ των ώρων τούτων.

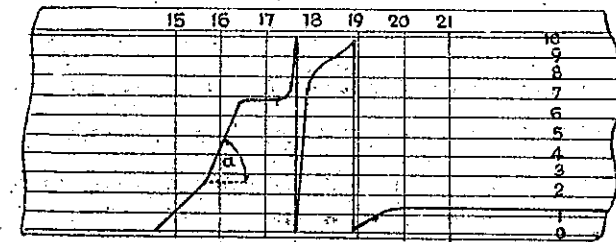


Σχ. 68. Αυτόγραφον βροχόμε-
τρον.

κίνη ως έμφαίνεται είς το εκ. 69. Τα αυτόγραφα βροχόμετρα είναι

Η μέτρησις αυτή όμως δεν είναι
έπαρκής διά την μελέτην των βροχών αι-
τινες μās ενδιαφέρουν είς τα πλείστα
υδραυλικά έργα, διό τα όποια πρέπει
να γνωρίζωμεν την **διάρκειαν**
μιας έκαστης βροχής. Προς επίτευξιν
καί του ετοιχείου τούτου χρησιμοποιούν-
ται τα **αυτόγραφα βροχόμετρα**
(βλ. εκήμα 68). Ο επί του τυμπάνου του
κυλίνδρου, του σπρεφόμενου δι' ωρολογια-
κού μηχανισμού, τοποθετούμενος χάρτης

αποτυπώνει λεπτομέρως, έκαστην βρο-

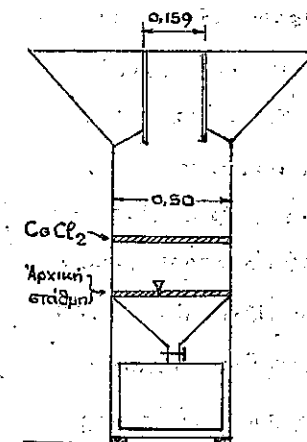


Σχ. 69. Αποτύπωσις βροχής.

συνήθως δεκαπλασιαστικά.

Τα βροχόμετρα αυτά μετρούν καί το ύψος χιόνος, — μετατρέ-
πόμενον είς ύδωρ — έξ όσον το ύψος χιόνος δεν είναι μεγάλο ού-
τε αι θερμοκρασίαι συνεχώς χαμηλαί.

Ένιοτε είς λίαν απομακρυσμένους σταθμούς όπου η συνεχής
μετάβασις είναι δυσχερίς, ενδιαφέρει δε' μόνον ένδεικτικώς το ύψος
των ύδατων κατακρημνίσεων διά μακράς περιόδους, μεταχειριζό-
μεθα τα' **όλοκληρωτικά βροχόμετρα**, άτινα αναγιγνώσκον-
ται άπαξ κατ' έτος. Τα βροχόμετρα ταύτα είναι μεγάλης χωρητι-
κότητος (βλ. εκ. 70). Έντός αυτών τίθεται υγρόν έμποδίζον την



πήξιν του ύδατος (συνήθως χλωριούχον άφθέ-
στιον), είς το ετόμιον αυτών δε τίθεται καά-
νη προετατεύουσα την είσοδον του βροχο-
μέτρου από τους στροβιλιεμούς του άέρος.

Η μέτρησις της χιόνος, γίνεται
διό της μετρήσεως του ύψους της πεσούσης
χιόνος καί άναγωγής αυτού είς ύψος βρο-
χής. Η άναγωγή έξαρτάται έκ της πυκνοτή-
τος του έκάστοτε ετραίματος.

Η πυκνότης νωπής χιόνος άνέρχεται
Σχ. 70. Όλοκληρωτι- περίπου κατ' μέσον όρον είς 0,1. (Ένα εία-
κόν βροχόμετρον. τιστόν χιόνος είναι ένα χιλιοστόν βροχής).

Είναι δυνατόν όμως ενίοτε η πυκνότης να κατέλθῃ εἰς 0,03 ἢ νὰ ἀνέλθῃ (διὰ παλαιὰν εὐμπασθὴ χιόνα εἰς 0,67). Συνήθως μὲ τὴν ἀνάγνωσιν τοῦ ὕψους προσδιορίζεται καὶ ἡ πυκνότης τῆς χιόνος.

Εἰς ὅρεινά ἐπρεῖα ἡ μέτρησις τοῦ ὕψους χιόνος γίνεται διὰ ἐτόκων τοποθετουμένων εἰς κατάλληλα ἐδάφη καὶ ἀναγινωσκόμενων διὰ τηλεσκοπίων.

β. Τοποθέσεις τῶν βροχομέτρων.

Τὰ βροχόμετρα γενικῶς δεόν νὰ τοποθετοῦνται ἐπὶ ἀναπεπταμένου ἐδάφους, μακρὰν οἰκοδομῶν, δένδρων καὶ γενικῶς ἀντικειμένων, ἅτινα δύνασθαι νὰ δίδουν ὀμβροσκιάν ἢ νὰ προκαλοῦν στροβιλισμούς τῶν ἀνέμων ἐπηρεάζοντας ἀνωμαλῶς τὴν λειτουργίαν τοῦ ὄργανου.

Τὸ ἐτόμιον τοῦ βροχομέτρου τοποθετεῖται συνήθως εἰς ὕψος 1,20 - 1,50 μ. ἀπὸ τοῦ ἐδάφους.

Αἱ μετρήσεις εἰς μεγαλύτερον ὕψος δίδουν μικρότερα ἀποτελέσματα, ὡς ἐμφαίνεται ἐκ γενομένων ἀνηγμένων παρατηρήσεων ὑπὸ τοῦ Wild:

Ὑψος ὄργανου	→	0,0	1,0	2,0	25,0 μέτρα
Ταχύτης ἀνέμου	2-5 m/sec	1,0	0,89	0,86	0,25
" " " " "	6-9 " "	1,0	0,86	0,82	0,16
" " " " "	2-5 " "	1,0	0,95	0,92	0,81
" " " " "	6-9 " "	1,0	0,94	0,84	0,56

Ὁ ἀριθμὸς τῶν βροχομέτρων τῶν τοποθετουμένων ἐπὶ μιᾷ ὀμβροδόχῳ λεκάνῃ, ἐπηρεάζει τὰ ἐξαχόμενα τῶν μετρήσεων. Οὕτω εἰς τὸ σχῆμα 71 δίδονται αἱ ἐξ ὁμογενείας καμπύλαι τῆς λεκάνης τοῦ ποταμοῦ Muskingum (Ohio) αἵτινες προκύπτουν ἐκ τῆς ἀναγνώσεως 22 βροχομέτρων (1 βροχόμετρον ἀνὰ 970 km² βλ. ex. 71α) καὶ ἐκείναι αἵτινες προκύπτουν ἐκ τῆς ἀναγνώσεως 449 βροχομέτρων ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἐπιφανείας (1 βρ. ἀνὰ 44 km² βλ. ex. 71β). Εἶναι προ-

φανὴς ἡ ἀνάγκη πάντοτε πυκνώσεως τῶν βροχομετρικῶν σταθμῶν, διὰ τὴν ὑπαρξίν ἀκριβείας.

Εἰς τὸ σχῆμα 72 δίδεται διάγραμμα ἑξαχθὲν ἐκ τῶν αὐτῶν παρατηρήσεων ὅπου ἐμφαίνεται τὸ ἑκατοστιαῖον σταθερὸν εἶδος ὅπερ αὐξάνει ἐφ' ὅσον αὐξάνει ἡ ὑπὸ ἑκάστου βροχομέτρου καλυπτομένη ἐπιφάνεια, ὡς ἐπίσης καὶ ἀναλόγως τοῦ μεγέθους τῆς ὅλης ἐπιφανείας.

Β'. Δίαιτα τῶν βροχῶν.

1^η Ἐτήσια βροχαί.

Αἱ ἐτήσιαι βροχαί, ἐνός τύπου (μετεωρολογικοῦ σταθμοῦ) δίδονται εἰς ὕψος ὑπὸ τοῦ ἀθροίσματος τῶν ὕψων τῶν βροχῶν αἵτινες κατέπεσαν κατὰ τὴν διάρκειαν ἐνός ἔτους. Ὡς ἀρχὴ τοῦ ἔτους λαμβάνεται ἀντὶ τοῦ ἡμερολογιακοῦ τὸ ὑδρολογικόν ὅπερ ἀρχεῖται ὅταν ἀρχίζουν καὶ αἱ βροχαί. Διὰ τὰ ἡμιτροπικά κλίματα - ὡς τὸ τῆς Ἑλλάδος - τὸ ὑδρολογικόν ἔτος εἶναι ἐκόπιμον νὰ ἀρχίζῃ τὴν 1^η Σεπτεμβρίου καὶ νὰ λήγῃ τὴν 31^η Αὐγούστου.

Τὸ ἐτήσιον ὕψος βροχῆς διαφέρει εἰς τὸν αὐτὸν τόπον κατὰ τὰ εἰσφορά, ἔτη. Διὰ τὸν λόγον τοῦτον διακρίνομεν εἰς ἕκαστον τόπον, διὰ τὸν ὁποῖον ὑπάρχουν πολλῶν ἐτῶν παρατηρήσεις βροχῆς, τὴν μέσην ἐτήσιαν βροχὴν - τὸ ἀθροῖμα τῶν ὕψων τῶν βροχῶν αἵτινες παρουσιάσθησαν καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῶν παρατηρήσεων διαιρούμενον διὰ τῶν ἐτῶν τῶν παρατηρήσεων - τὴν μέγιστην ἐτήσιαν βροχὴν, ἥτοι τὴν μέγιστην τιμὴν ἐξ ὅλων τῶν ἐτήσιων βροχῶν αἵτινες ἐμετρήθησαν κατὰ τὴν διάρκειαν τῶν παρατηρήσεων καὶ τὴν ἐλαχίστην ἐτήσιαν βροχὴν ἥτοι τὴν ἀντίστοικον ἐλαχίστην τιμὴν.

Εἶναι εὐνόητον ὅτι διὰ νὰ εἶναι αἱ τρεῖς ὡς ἄνω τιμαὶ ἀν-

πρόσωπυτικά των βροχών ενός ενός τόπου, δέον να υπάρχει μακρά σειρά ετών παρατηρήσεων. Ούτω το ύψος της βροχής της Εδέσσης κατά τα έτη 1920 και 1921 ήτο 1132 και 983,4 αντίστοιχως. Σπεύδοντες να εξαγάγωμεν συμπέρασμα της μέσης ετήσιας βροχής θα λάβωμεν ύψος 1060 χιλιοστών. Εάν όμως λάβωμεν υπ' όψιν και τα έτη 1922, έως 1934 θα έχωμεν μέσον ετήσιον ύψος βροχής 754,4 χιλιοστών. Εάν λάβωμεν επι περισσότερον ετήσιον ύψος βροχής είναι ενδεχόμενον να μεταβληθῇ πάλιν ο μέσος όρος ήτοι η μέση ετήσια βροχή. Αντιστοιχως εφ' όσον επεκτείνονται αι παρατηρήσεις εις περισσότερα έτη τόσον πιθανώτερον είναι να αυξηθώσιν τα μέγιστα ή να ελαττωθώσιν τα ελάχιστα.

Κατωτέρω δίδεται πίναξ εξ ου εμφανίζεται η μεταβολή της μέσης ετήσιας βροχής εις Κέρκυραν αναλόγως των ετών παρατηρήσεων.

Περίοδος	5 ετών	10 ετών	15 ετών	20 ετών	25 ετών	30 ετών
1895 — 1899	1261	1315				
1900 — 1904	1370	1272	1269	1186		
1905 — 1909	1175	1058	1162	1194	1207	1180
1910 — 1914	941	1116	1135	1112	1164	
1915 — 1919	1290	1167	1092			
1920 — 1924	1044					
Διαφοραί μεγίστου και ελάχιστου	429	257	177	82	43	—

(Κεφάλαιον Α.Θ, 1937. Διανομή της βροχής εις Ἀργολικόν, Ιαπωνικόν και Νήους Ν. Αἰγαίου)

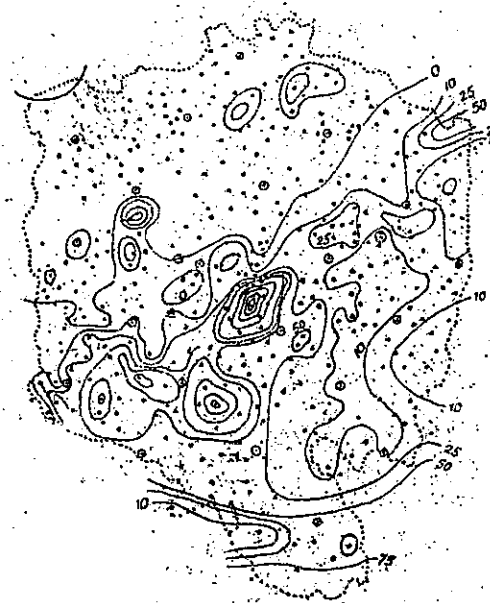
Ούτω κατά τον Βίννιε παρατηρήσεις 35 ετών δύνανται ν' αποτελέσουν βάσειμον στοιχείον προς υπολογισμόν της μέσης βρο-

χής με διαφοράν $\pm 2\%$. Κατά τον Henry (U.S. Weather Bureau) απαιτούνται 40 ετών παρατηρήσεις τουλάχιστον διά να δώσουν αποτέλεσμα με προσέγγισιν 15%.

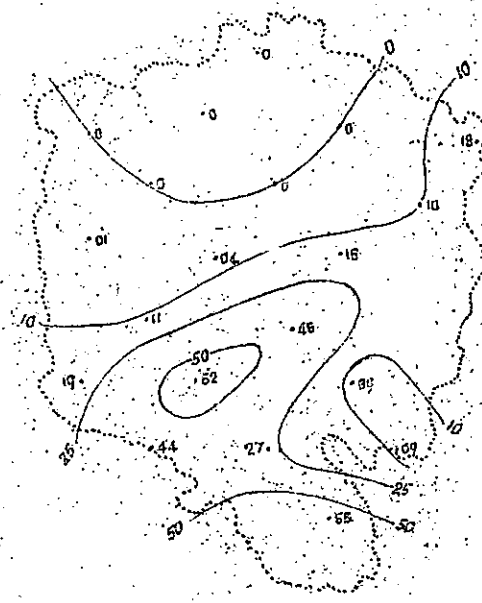
Η έλλειψις μακροχρονίων υδρολογικών παρατηρήσεων δ' αποτελῇ ἐπὶ μακράν σειράν ετών πρόσκομμα διά την μελέτην υδραυλικών έργων παρ' ημῖν. Καί υπάρχουν μὲν σταθμοί με παρατηρήσεις ἀρχόμενας ἀπὸ τοῦ 1894 (με μικράς διακοπὰς), πλην οἱ πλείστοι εἶναι τοποθετημένοι εἰς τὰς πόλεις καὶ οὐκ εἰς τὰ ἐνδιαφέροντα σημεῖα τῶν ὀμβροδόχων λεκανῶν τῶν ὑπὸ μελέτην ποταμῶν.

Τοιοῦτοι σταθμοί εἶναι περιορισμένοι εἰς ἀριθμὸν ἀλλὰ καὶ εἰς σειράν ετών παρατηρήσεων.

Εἰς τὸ σχῆμα 73 δίδονται τὰ ὕψη βροχής εἰς Ἀθήνας ἀπὸ τοῦ 1860 μέχρι τοῦ 1930 με μέσον ετήσιον ὕψος βροχής 400 χιλιοστών.

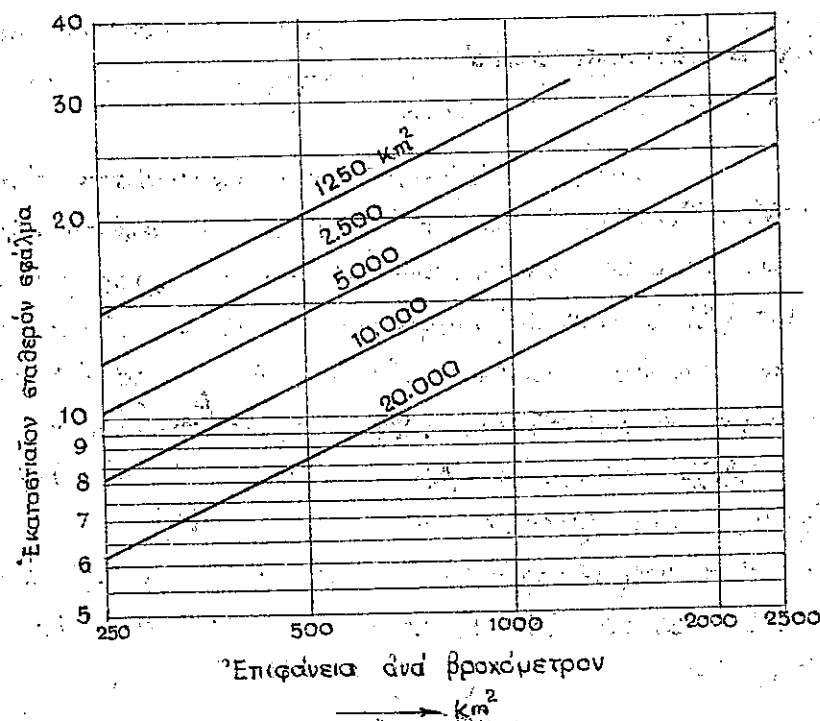


α) 449 βροχόμετρα

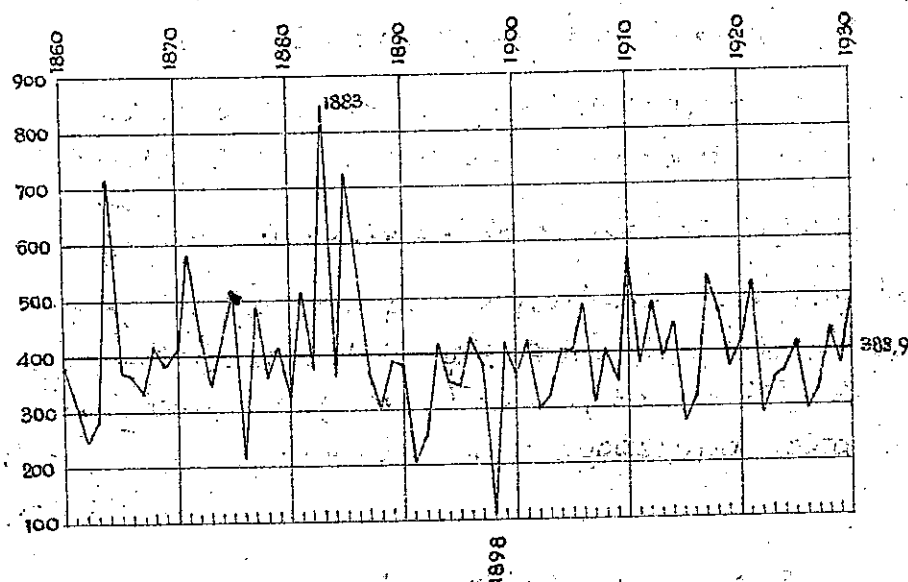


β) 22 βροχόμετρα

Σχ. 71. Λεκάνη ποταμοῦ Muskingum



Σχ. 72.



Σχ. 73. Ετήσια ύψη βροχής εν Αθήναις διά τα έτη 1860 - 1930.

Ακολουθῶνς δίδονται εἰς χιλιοστὰ τὸ μέσον ὕψος βροχῆς καὶ αἱ ἀκραῖαι τιμαὶ παρατηρηθεῖσαι εἰς ἄλλους σταθμούς, ἐν Ἑλλάδι:

Ἰωάννινα.....	1195,4	1595,1	943,3	Θεσσαλονίκη	486,1	795	172,4
Λευκάς.....	1088,3	1429,7	761,0	Ἀθῆναι.....	383,9	846,5	115,7 (Σχ.71)
Ζάκυνθος.....	1114,8	1806,9	613,6	Αἴγινα.....	301,0	561,3	76,8
Μέτσοβον.....	1431,1	2429,7	549,7	Νάξος.....	380,2	541,5	172,4
Ρέρκυρα.....	1171,6	1836,5	699,7	Κορινθός.....	404,7	629,0	105,3
Ρόνιτσα.....	1073,8	1477,1	534,0	Χαλκίς.....	432,3	608,1	124,0
Δημητσάνα.....	1142,7	1809,0	788,9	Λαμία.....	583,9	984,1	172,8
Ἀχρίνιον.....	898,9	1490,3	540,5	Βόλος.....	514,8	847,1	260,9

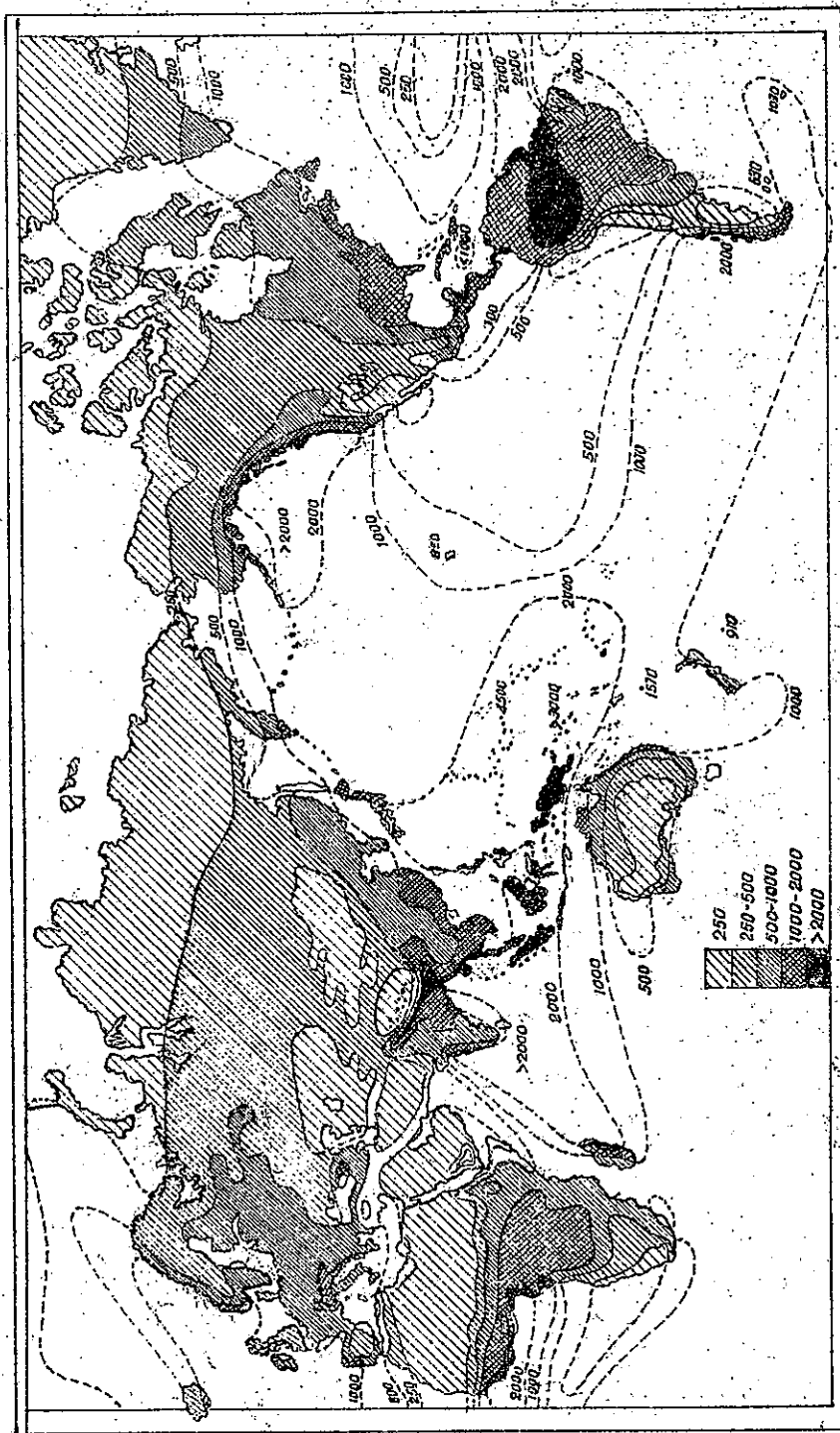
Ἐκ τοῦ πίνακος τούτου ἐμφαίνεται ὅτι δὲν μεταβάλλεται μόνον τὸ ὕψος τῆς βροχῆς εἰς τὸν αὐτὸν τόπον, ἀλλὰ καὶ ὅτι αἱ μέσαι τιμαὶ εἶναι τελείως διάφοροι ἀπὸ τύπον εἰς τύπον.

Ἐάν εἰς χάρτην μιᾶς ἐκτεταμένης περιοχῆς σημειώσωμεν τὰ μέσα ἐτήσια ὕψη βροχῆς καὶ εἴτα ἐνώσωμεν διὰ καμπυλῶν τὰ σημεία ἴσης βροχῆς, δά λαβώμεν τὰς ισοϋετίους καμπύλας, ἐξ ὧν καταδεικνύεται ἡ τοπικὴ διάταξις τῆς βροχῆς. Εἰς τὸ ἐκτῆμα 75α δίδονται αἱ ισοϋετίαι καμπύλαι βροχῆς ἐν Ἑλλάδι (παραβαλε καὶ ἀνωτέρω πίνακα).

Εἰς τὸ σχ. 74 δίδονται τὰ μέσα ἐτήσια ὕψη βροχῆς ἀνατὴν ὕψηλιν.

Αἱ μεταβολαὶ τῶν ἐτησίων ὕψων βροχῆς ὀφείλονται εἰς τὰς τροχιάς τῶν καταιγίδων (ἥτοι μέγιστον καὶ ἐλάχιστον τῶν πιέσεων) καὶ τοὺς ἐπικρατοῦντας ἀνέμους, εἰς τὰς μεταβολὰς τῆς θερμοκρασίας, εἰς τὸ ὕψος τοῦ τόπου καὶ τὴν ἀπόστασιν αὐτοῦ ἀπὸ τῆς θαλάσσης, καὶ εἰς τὴν εὐστάσιν τῆς ἐπιφανείας τοῦ εἰσέφρου.

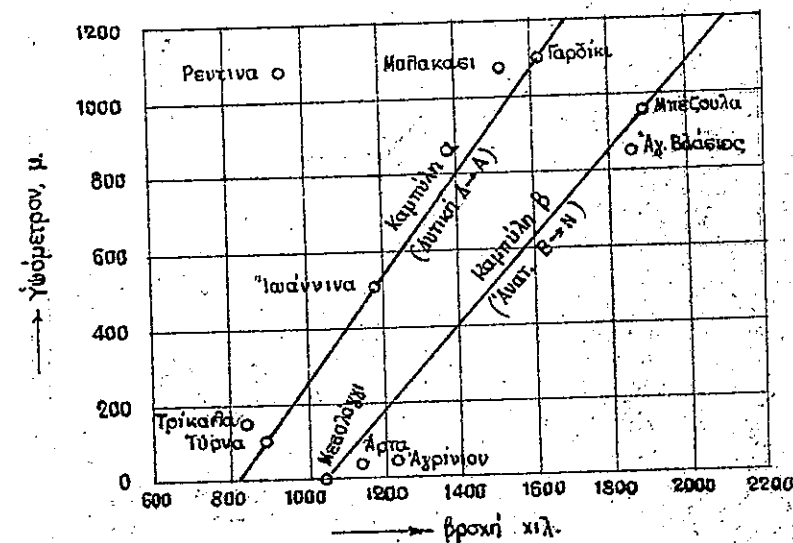
Οὕτω παρατηροῦμεν (σχ. 74) ὅτι αἱ μέγιστα ἐτήσια βροχαὶ παρατηροῦνται εἰς τὸν ἱσημερινὸν ἔνθα ὑπάρχουν τὰ ἐλάχιστα τῶν πιέσεων καὶ τὰ μέγιστα τῶν θερμοκρασιῶν.



Σχ. 74. Μέσα ετήσια ύψη βροχής ανά την υφήλιον (Schaffernak).

Οὕτω τὰ μέγιστα ταῦτα εἶναι: εἰς Βραζιλίαν (Άμαζόνιος: Πά-
ρα: 2023 κιλ.), Γουϊάνα (Georgetown 2138 κιλ.) εἰς Ἀφρικὴν (Sierra
Leone 5000 κιλ., Cameroun 4195) εἰς Ἀσίαν (Batavia 1836 κιλ., Celebes:
Macassar 3042, Sumatra: Padang 4576, Ἰνδία: Cherra-Punje 22625
κιλ., Βιρμανίαν: Akyab 8090 κιλ., Φιλιππίνους: Baguio 8895 κιλ. κλπ.)

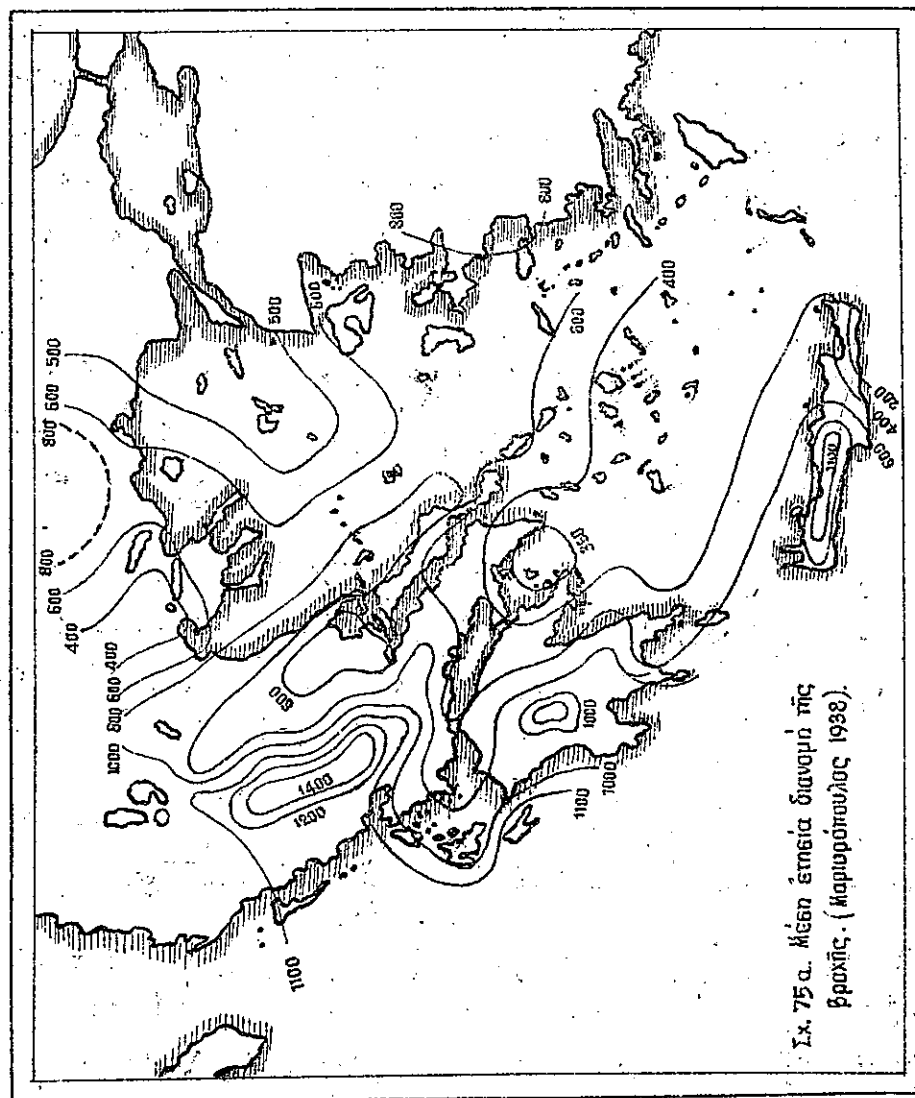
Ἡ πεδινή ἔκτασις τῆς Βραζιλίας προκαλεῖ, θερμενομένη, ἀνάσσει
τῶν ὑγρῶν ἀνέμων, συμπύκνωσιν τῶν ὑδατῶν καὶ ἰσχυρὰν πτώ-
σιν βροχῆς.



Σχ. 75. Ὑψὺς βροχῆς συναρτήσει ὑψομέτρου

Ἐξ ὅσων ἀπομακρυνόμεθα τοῦ Ἰσημερινοῦ καὶ πλησιάζομεν τὰ
κέντρα τῶν Ἠπείρων, ἔνθα τὰ μέγιστα τῶν πιέσεων, παρατηροῦμεν τὰ
ἐλάχιστα τῶν βροχῶν ὡς π.χ. εἰς Σαχάραν (Καῖρον 34 κιλ., Σουέζ 25
κιλ. Aden 76 κιλ.), ὑψίπεδον ἀπὸ Ραεπίαν εἰς Θιβέτ-Ματζουρίαν
(37 κιλ.), Δυτικοκεντρικαὶ Η.Π.Α. (Άριζόνα 100 κιλ.), Κεντρικὴ Αὐστρα-
λίαν, Ἀφγανιστάν, Gobi, Μογγολίαν κ.λ.π.

Ἐξ ἄλλου ἡ διανομὴ τῶν θαλασσῶν ἐπηρεάζει τὰς βροχάς. Οὕτω
κατὰ κανόνα εἰς τὰ παραθαλάσσια μέρη ἔχομεν τὰ μέγιστα τῶν βροχῶν,



ἐφ' ὅσον τοῦτο συνδυάζεται καὶ μετὰ τῶν ἐπικρατούντων ἀνέμων καί τῃς τοπογραφικῆς διαμορφώσεως. Οὕτω ἡ ἀνατολικὴ Αὐστραλία παρουσιάζει τὸ μέγιστον τῆς βροχῆς τῆς Ἡπείρου, ἐνῶ ἡ δυτικὴ αὐτῆς πλευρὰ τὸ ἐλάχιστον.

Ἡ δυτικὴ Ἀφρική παρουσιάζει τὰ μέγιστα εἰρησὶα ὕψη εἰς πλάτη -15 ἕως +5 ἐνῶ βορείως καὶ νοτίως τῆς ζώνης ταύτης παρουσιάζονται τὰ ἐλάχιστα αὐτῆς, ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀκτῆς.

Οὕτω ἡ διαφέρουσα ἀποστράσεις ἀπὸ τοῦ Ἀτλαντικοῦ Ὠκεανοῦ ἔχουν τὰ ἀκόλουθα, μειούμενα ὕψη βροχῆς:

Δελφί.....	753	Βερολίνου.....	580
Μόσχα.....	534	Καζάν.....	392
Βαρσαυί.....	270		

Ἡ τοπογραφικὴ διαμόρφωσις, ἐξ ἄλλου ἐπηρεάζει τὸ ὕψος βροχῆς ἐν συνδυασμῷ πρὸς τοὺς ἐπικρατούντας ἀνέμους καὶ τὴν χειτονίαν τῶν θαλασσῶν.

Οὕτω τὰ παραλιακὰ μέγιστα τοῦ ἱσημερινοῦ εἰς Ἀσίαν εἰσέρχονται εἰς ὅρετον πλάτος εἰς Βιρμανίαν καὶ Ἰνδία, ἐνθα συναντῶνται μετὰ τὴν κορυφὴν τῶν Ἰμαλαίων (ἐπικρατοῦντες ἀνεμοὶ φέρουσιν τὴν ὑγρασίαν, ἥτις συναντῶν τοὺς ὄρεινους ὄγκους, ἀνέρχεται, ψύχεται καὶ καταπίπτει ὡς βροχὴ). Ὁμοίως εἰς ἡ.π.α. τὸ μέγιστον τῶν βροχῶν παρατηρεῖται εἰς τὴν ἀπτικὴν πλευρὰν τῶν βραχωδῶν ὄρεων (Rocky-Mountains).

Τοιοῦτρόπως ὅσον ὑψηλότερα ἀνέρχόμεθα ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης, ἐπὶ τοσούτω αὐξάνει καὶ τὸ ὕψος τῆς βροχῆς. Ὁ Rehbeck, δίδει διὰ τὸν Μέλανον Ἀδρυμὸν (Schwarzwald) τὸν τύπον:

$$N = 630 + 0,81 \cdot h$$

ἐνθα N ὕψος βροχῆς εἰς χιλιοστὰ καὶ h τὸ ὕψος ἀπὸ τῆς θαλάσσης.

Εἰς τὸ σχῆμα 75 δίδεται ἡ μεταβολὴ τοῦ ὕψους τῆς βροχῆς μετὰ τοῦ τοπογραφικοῦ ὕψους διὰ τὴν λεκάνην τοῦ Ἀχέλου (κ.τ.α. Χατζηλουκάς).

Ἡ μεταβολὴ αὕτη δίδεται κεχωρισμένως διὰ τὴν δυτικὴν πλευρὰν τῆς λεκάνης (καμπύλη α κατεύθυνσις ἐκ Δ → Α) καὶ διὰ τὴν ἀνατολικὴν πλευρὰν αὐτῆς (καμπύλη β, κατεύθυνσις ἐκ Ν πρὸς Β).

Ἐκ τοῦ σχήματος 75 εὐκόλως συναγάγμεν τὰς ἐξισώσεις

$$B = 820 + 0,72 \cdot h \quad (\text{καμπύλη } \alpha)$$

$$B = 1050 + 0,89 \cdot h \quad (\text{ " } \beta)$$

ἐνθα B ὕψος βροχῆς εἰς χιλιοστὰ καὶ h ὑψόμετρον βροχομ. σταθμοῦ εἰς μέτρα.

Εἰς τὸ ἐκῆμα 75α ἐμφαίνεται ἡ ἐπίδρασις τῆς γραμμῆς Πίνδου—Ὀλυνθοῦ ἐπὶ τῆς διανομῆς τῆς βροχῆς. Τὰ μέγιστα τῶν βροχῶν ἐν Ἑλλάδι παρατηροῦνται εἰς τὰς δυτικὰς αὐτῆς ἀκτὰς, καὶ εἰς τὴν κεντρικὴν ΒΒΔ—ΝΝΑ ὄροσειράν. Εἰς τὰς ἀνατολικὰς ἀκτὰς τῆς χώρας καὶ εἰς τὰς νήσους ἡ βροχὴ εἶναι ὀλιγωτέρα ἢ δὲ διάρκειά ἐξαραιάς, μεγαλύτερα.

Συνήθως μετρῶνται καὶ αἱ ἐντὸς τοῦ ἔτους ἡ μέραι βροχῆς. Οὕτω ἐν Ἑλλάδι τὸ μέγιστον τοῦ μέσου ἔτησιου ἀριθμοῦ ἡμερῶν βροχῆς ἐμφανίζεται ἐπὶ τῶν ὄροσειρῶν τῆς ΒΑ. Ἑλλάδος καὶ ἰσοῦται πρὸς 140 ἡμέρας. (ὁμοίως εἰς ὄροσειράς τῆς δυτικῆς Κρήνης 130 ἡμέραι). Τὸ ἐλάχιστον παρατηρεῖται εἰς τὸ ΝΔ Αἰγαῖον μέ τιμὴν 50 ἡμερῶν.

2^{ος} Ἐποχιακαὶ καὶ μηνιαῖαι βροχαί

Ἡ κατανομή τοῦ ἔτησιου ὕψους βροχῆς κατὰ τὰς ἐποχὰς καὶ τοὺς μήνας τοῦ ἔτους, συνδεομένη ἐσωτερικῶς μετὰ τῆς ἀναλόγου κατανομῆς τῶν λοιπῶν μετεωρολογικῶν φαινομένων, ὅχι μόνον χαρακτηρίζει τὸ κλίμα τοῦ τόπου ἀλλὰ καὶ ὁδηγεῖ εὐχερέστερον εἰς τὴν μελέτην τῆς ὑδατικῆς οἰκονομίας μιᾶς περιοχῆς.

Κατωτέρω δίδεται πῖναξ τῶν μέσων ἐποχιακῶν διακυμάνσεων τῆς βροχῆς (διὰ πολλὰ ἔτη) εἰς διαφόρους σταθμοὺς τῆς Ἑλλάδος (τοῖς ἐκαστὸν τοῦ ἔτησιου ὕψους βροχῆς).

Σταθμός	Ἐτήσιον ὕψος βροχῆς	Χ	Α	Θ	Φθ	Σταθμός	Ἐτήσιον ὕψος βροχῆς	Χ	Α	Θ	Φθ
Βόλος.....	514,8	31,20	22,30	13,0	33,50	Κέρκυρα.....	1171,60	43,0	19%	4,3	33,7
Λάρισα.....	518,4	29,2	24,6	14,6	31,40	Ἀγχρίνιον.....	898,9	41,0	20,6	6,6	31,6
Τρίκαλα.....	738,0	35,80	24,9	7,90	31,40	Πάτραι.....	707,2	42,0	21,5	3,5	33,0
Καλαμπάκα.....	940,3	35,30	24,0	10,0	30,70	Κυπαρισσία.....	827,5	48,6	18	2,6	30,7
Μέτσοβον.....	1431,0	29,30	29,30	12,0	29,40	Ἀθῆναι.....	404,0	38,7	19,2	8,5	39,6
Θεσσαλονίκη.....	482,4	24,4	25,90	17,60	31,1	Β.Κηφισσός.....	462,61	43,5	17,6	8,1	30,8
Τοξόται.....	716,7	35,20	23,70	17,30	23,80						

Ἐκ τοῦ πίνακος τούτου ἐμφαίνεται ἄνεως κατανομή τῆς βροχῆς κατὰ τὰ διάφορα διαμερίσματα τῆς χώρας. Οὕτω εἰς τὴν δυτικὴν παραλιακὴν Ἑλλάδα ἡ ἐκατοστιαία ἀναλογία τῆς βροχῆς εἶναι μεγαλύτερα τῶν κείμωνά καὶ μικροτέρα κατὰ τὸ διάστημα ἀνοίξεως—θέρους ἢ εἰς τὴν Θεσσαλικὴν περιοχὴν.

Ἡ κατανομή εἰς τὴν Μακεδονίαν (Θεσσαλονίκη—Τοξόται) ἐξ ἄλλου δίδει ἓνα πολὺ μεγαλύτερον ποσοστὸν διὰ τὸ ἄθροισμα ἀνοίξεως—θέρους (40-44%) ἢ εἰς οἵανδήποτε ἐκ τῶν λοιπῶν τμημάτων τῆς ἐπικρατείας.

Εἰς περιωρισμένας περιοχὰς ἡ διανομή εἰς μέσας τιμὰς μεγάλου χρονικοῦ διαστήματος, δύναται νὰ δώσῃ ἀπολύτως συμπιπτοῦσας τιμὰς, ὡς ἐμφαίνεται εἰς τὸν ἀκολουθοῦν πίνακα (κεφάλαις): διὰ παρατηρήσεις τῶν ἐτῶν 1895-1924:

Σταθμοί	ἔτος χιλ.	Χ	Α	Θ	Φθ	Σταθμοί	ἔτος χιλ.	Χ	Α	Θ	Φθ
Τρίπολις.....	827	42	22	9	27	Αἰγίνα.....	275	42	19	7	32
Ναύπλιον.....	510	42	18	8	32	Σύρος.....	498	51	19	2	28
Λεωνίδιον.....	685	42	18	6	32	Νάξος.....	374	56	19	1	24
Δεκέλεια.....	738	43	22	8	27	Θήρα.....	355	55	19	1	24
Ἀθῆναι.....	387	42	19	8	31	Μήλος.....	399	55	19	1	24
Πειραιεύς.....	380	42	19	8	31						

Περαιτέρω ἐὰν συγκρίνωμεν τὰς ἀναλογίας αὐτὰς μετὰ τῆς Κεντρικῆς Εὐρώπης, ἔχομεν τὰς ἀκολουθοῦσας γενικὰς μέσας τιμὰς:

	Χ.	Α	Θ.	Φθ.
Κεντρικὴ Εὐρώπη	18,1	22,4	36,0	23,5
Ἑλλάς	43,3	21,5	7,3	28,3

Ἐξ ὧν ἐξηγεῖται ἡ διαφορὰ τοῦ πρᾶσινου κατὰ τὸ θέρος εἰς τὰς δύο περιοχὰς, ὡς καὶ ἡ διαφορὰ ὑγρασίας εἰς αὐτὰς.

Εκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὁρίστως πόσον ἀλλοίαι εἶναι αἱ συνθήκαι κλίματος τῶν δύο περιοχῶν καὶ πόσον διαφορετικά θὰ εἶναι αἱ μελέται τῶν ὑδραυλικῶν ἔργων (ὑδρεύσεις, ἀποχετεύσεις, ἀρδεύσεις, ἀποξηράνσεις, ὑδροδυναμικά ἔργα) εἰς ἐκάστην τούτων.

Ἐτι ἀναλυτικώτερον ἐμφαίνεται ἡ διαφορὰ τῆς κατανομῆς τῶν βροχῶν καὶ τοῦ ὅλου κλίματος γενικῶς ἐάν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν τὴν μηνιαίαν κατανομὴν τῶν βροχῶν. Εἰς τὸν ἀκόλουθον πῖνακα δίδεται ἡ κατανομή αὕτη διὰ διαφόρους εὐρωπαϊκὰς πόλεις (A. Schocklitsch).

	Ετήσιον	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Λένινγκραντ	426	5.2	4.9	5.4	5.6	10.1	10.8	16.0	16.2	12.0	10.1	8.4	7.1
Ζτοκχόλμη	497	4.6	4.1	4.6	5.3	8.0	9.6	13.3	14.2	10.5	11.4	8.0	8.4
Ροπενγκάχη	560	6.2	5.4	6.1	6.1	7.3	8.9	11.4	11.8	10.3	10.7	8.2	7.5
Βιέννη	623	5.9	5.3	7.5	8.0	11.6	11.2	11.4	10.9	7.2	7.3	6.7	6.7
Βουκουρέστι	583	5.3	4.6	7.2	8.7	10.8	14.4	12.3	8.2	6.3	6.5	8.1	7.5
Βων/πολις	733	11.9	9.4	8.5	5.7	4.1	4.6	3.7	5.7	7.1	8.7	13.9	16.6
Ἀθῆναι	390	13.3	9.5	8.3	5.4	5.1	4.4	1.8	2.3	3.6	11.3	18.7	15.9
Ἱερουσαλήμ	648	24.2	21.1	15.3	6.6	0.9	0	0	0	0	2.6	8.9	21.3
Πεκίνο	634	0.5	0.6	0.9	2.6	5.7	12.1	37.8	25.4	10.3	9.5	1.1	0.3

Οὕτω παρατηροῦμεν, ὅτι εἰς τὰς πέντε πρώτας πόλεις τοῦ πίνακος τοῦτου τὸ πλεῖστον τῶν βροχῶν πίπτει κατὰ τὸ θέρος (ἡπειρωτικὸν κλίμα) ἔξ ου καὶ ἡ ἀφθονος βλάστησις κατὰ τὴν περίοδον ταύτην, ἐνῶ εἰς τὰς ἐπομένους τρεῖς παρατηρεῖται ξηρασία κατὰ τὸ θέρος καὶ δὴ αὐθα-

	Μέσον ἐτήσιον	Max. Min	Θ			Α		Χ		Φ		Ἔτη Παρατηρήσεων	
			I	II	III	M	A	A	I	N	O	Σ	
Βόλος	514.8	847.3 230.9	4.5	2.8	5.7	8.0	6.40	7.9	9.60	10.70	12.60	6.3	1894-1929
Λαρίσα	518.4	842.0 342.6	8.7	4.5	6.6	10.2	7.2	7.2	9.4	11.60	13.8	5.1	1894-1929
Τρίκαλα	738.3	1261.5 527.8	1.8	1.5	4.6	9.4	6.5	9.0	13.2	13.1	14.0	3.9	1894-1929
Καλαμπάκα	940.3	1390.6 782.7	2.9	3.4	3.7	9.5	6.5	8.0	12.0	13.7	13.3	4.1	1915-1929
Μετέσθρον	1431.1	2403.7 549.7	1.9	3.3	6.8	10.0	9.3	10.0	7.8	12.3	16.1	3.3	1915-1927
Βέροια	1171.6	1836.5 599.7	1.6	0.6	2.3	9.4	7.0	8.2	11.4	16.6	14.6	5.7	1894-1929
Ἀργεῖον	898.9	1230.3 540.5	1.0	1.4	4.4	6.7	5.6	8.4	14.3	15.4	14.9	4.4	1904-1929
Πάτρα	707.2	1216.5 356.0	0.7	0.5	2.3	4.8	7.3	9.4	13.9	17.0	15.9	3.9	1894-1929
Ρυτιφίδια	827.5	1261.0 487.2	1.0	0.1	1.5	4.2	6.1	7.7	17.1	19.8	15.8	5.0	
Ἀθῆναι	383.9	846.5 115.7	2.3	1.8	4.4	5.1	5.4	8.7	13.3	15.9	13.7	3.6	
Θεσσαλονίκη	482.4	795.0 172.4	4.8	5.1	7.7	10.7	8.5	7.7	7.7	10.2	11.5	6.6	
Τοξόται	716.7	1004.4 310.3	4.1	3.0	10.2	7.1	8.9	7.7	13.3	14.7	10.5	3.6	1931-1941

νομένη με την μείωσιν του γεωγραφικού πλάτους. Αντιθέτως εις την τελευταίαν πόλιν εμφανίζεται πάλιν το κλίμα των πέντε πρώτων, αλλά με ζωηράν την επίδρασιν των θερμών Μουσώνων (βλ. και σελίδα 99 στήματα 64 έως 66).

Είς τον προηγούμενον πίνακα (σελ. 117) δίδονται αι κατά μήνα εκατοστιαίαι αναλογίαι της βροχής εις τινες σταθμούς εν Ελλάδι. Αι υπό αυτών παρατηρήσεις είναι ανάλογοι προς τας έκτεθείσας, ήδη ανωτέρω προκειμένων των επιοχιακών διακυμάνσεων.

Εκ του πίνακος τούτου παρατηρούμεν ότι εις πλείστοις σταθμούς της δυτικής Ελλάδος η βροχή κατά τους μήνας Ιουνίον, Ιουλίον, Αυγούστου και Σεπτεμβρίου κυμαίνεται μόλις περίε του 10% της ολικής έπειας βροχής και εις τας λοιπὰς ὁμως περιφέρειας της κεντρικής Ελλάδος δέν υπερβαίνει κατά πολύ την αναλογίαν ταύτην. Αντιθέτως, εις την Μακεδονίαν η αναλογία αυτή διπλασιάζεται 21-23%.

Εξ άλλου τα μέγιστα ύψη της μέσης μηνιαίας βροχής παρατηρούνται κατά κανόνα κατά τους μήνας Νοέμβριον και Δεκεμβρίου ενθα η αίχμη του διαγράμματος με εξαίρεσιν πάλιν των Μακεδονικών σταθμών όπου εμφανίζονται ευνήθως δύο αίχμαί του διαγράμματος εξ ὧν η δευτέρα περί την άνοιξιν.

Είς τον ακόλουθον πίνακα δίδονται τα μέγιστα και ελάχιστα μηνιαία ύψη βροχής τα παρατηρηθέντα εις διαφόρους σταθμούς εν Ελλάδι:

Κατωτέρω δίδονται αι μηνιαίαι διακυμάνσεις της βροχής εις τέσσαρους σταθμούς των Η.Π.Α. (σ. 76α - 76β) εν συνεχεία δε δίδεται εις στήμα 77 η διανομή εις Cherrapunji των Ινδιών ενθα παρουσιάζονται και τα μεγαλύτερα γνωστά ύψη βροχής της υψίλιου. Ο τύπος 76^β είναι θαλάσσιος, ο 76^β ήπειρωτικός. Ο τύπος 77 εύρίσκεται ως γνωστόν υπό την έπιρροή των Μουσώνων και υπό την εκέτην των Ίμαλαίων.

Μέγιστον και ελάχιστον μηνιαίον ύψος βροχής

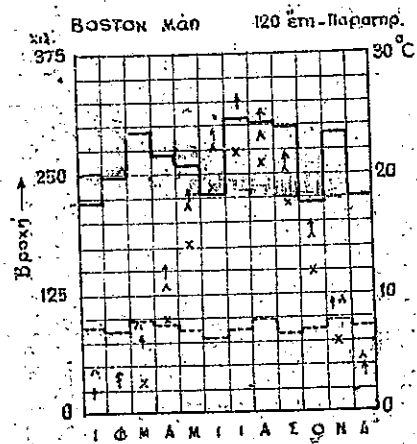
Σταθμός	Ι.	Ο.	Ν.	Α.	Ι.	Φ.	Μρ.	Α.	Μ.	Ιβ.	Α.
Βόλον.....	25.0 2.5	215.5 17.5	116.0 75.0	167.2 12.5	271 0	32.0 8.2	46.0 20.0	16.7 10.5	98.0 98.5	12.0 5.5	16.5 0
Αδρια.....	111.2 0	74.4 13.0	124.4 26.6	100.6 33.7	101.3 2.1	129.5 25.8	156.9 27.2	101.6 8.5	113.1 3.5	13.9 1.5	26.2 0
Ραλαμπάκα.....	183.2 39.6	256.5 19.5	186.9 65.5	284.6 36.0	256.9 0	229.9 22.0	238.1 25.6	174.0 9.0	166.5 0	40.5 0	51.8 0
Μπεζουλας..... (Μέγδοβας)	130.6 6.3	365.0 19.3	428.3 118.3	541.0 49.0	493.6 137.0	459.0 98.7	343.8 48.7	299.7 27.4	285.7 17.0	39.3 5.5	146.5 3.3
Κέρκυρα.....	256.0 37.3	313.9 44.4	383.0 76.9	607.1 128.3	389.7 21.4	266.9 89.9	228.8 15.0	141.4 9.6	87.5 11.0	2.0 0.0	130.0 0
Αργινίου.....	111.2 5.6	132.4 69.0	298.3 122.8	526.8 77.5	282.0 49.6	157.7 49.5	237.8 13.8	122.9 2.0	126.7 12.0	17.4 0	33.6 0.7
Πάτρα.....	85.6 3.4	171.9 18.0	198.3 28.5	377.1 38.5	212.7 32.3	184.5 31.3	162.2 22.8	105.9 7.0	95.1 1.8	9.5 0	87.5 0

Εξ άλλου τινές εκ των μεγαλύτερων παρατηρηθεισών μηνιαίων βροχών, είναι αι ακόλουθοι:

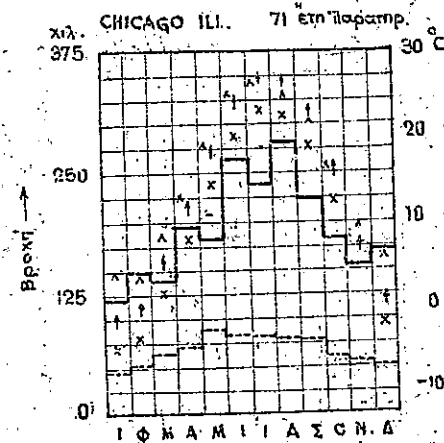
Παραμυθιάς.....	541.6	(Δεκέμβριος)	Α. Αχέροντος
Κοντοβαζαίνης.....	566.9	(")	Α. Άλφειού
Κεφαλληνού.....	594.0	(Ιανουάριος)	Α. Παμίσου
Κουμουτάς.....	626.2	(Δεκέμβριος)	Α. Ευρώτα
Άγιος Βλάσιος.....	650.8	(")	Λεκάνης Άχελώου

Γαρδικίου..... 563,9 (Οκτώβριος) Άχελώου
 Έξω Ποτάμων... 814.5 (Νοέμβριος) Α. Κρήτη
 Άσκυφου..... 820.0 (Ιανουάριος) Λεκανή μικρών ρευμάτων Κρήτης

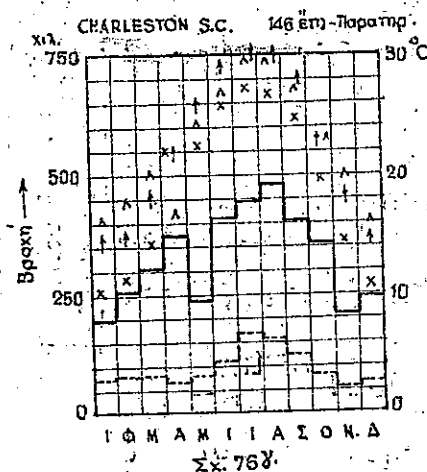
Εἰς τὸ ἐκῆμα 77α διδεται γραφικὴ παρατετασις τῶν ἐπιπροσθετο-
 μένων ὑψῶν βροχῆς εἰς τρεῖς χαρακτηριστικούς σταθμούς.



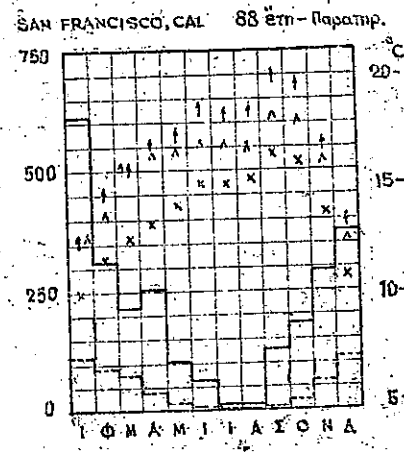
Σχ. 76α



Σχ. 76β

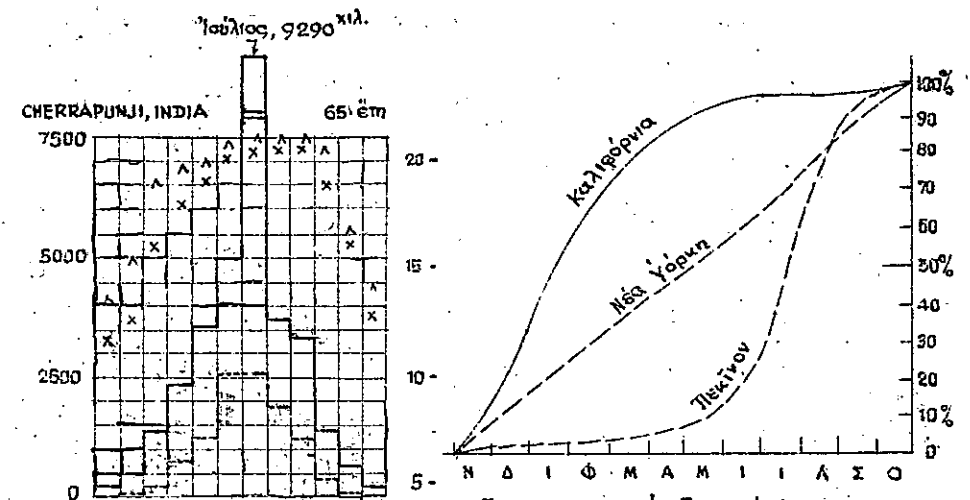


Σχ. 76γ



Σχ. 76δ

Χ. Μέση μηνιαία θερμοκρασία
 ↑ Μηνιαία μέση τῶν μεγίστων ἡμερησίων
 Λ. Μέγιστα μέσα τῶν μηνῶν
 βροχαί { — Μέση μηνιαία τῶν ἐτῶν παρατηρ.
 — Μέγιστα μηνιαία τῶν " "

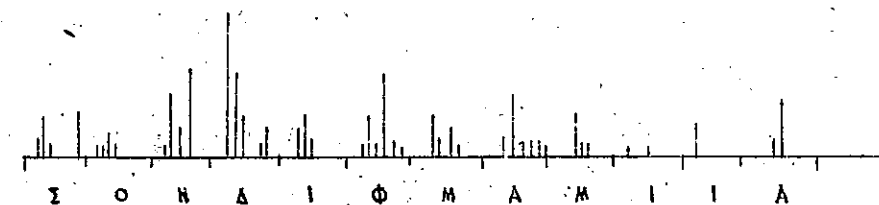


Σχ. 77

Σχ. 77α. Μηνιαία διανομή βροχῶν (Streck).

3^η Αἱ μεμονωμένοι βροχαί (ἡμερησίου).

Ἐάν τις ἡμερησίας παρατηρήσεις τὰς προκυπούσας ἐξ αὐ-
 τογράφου βροχομέτρου καταχωρήσῃ καὶ ἡμέρας λαμβάνομεν τὸ
 ἀκόλουθον διάγραμμα, ἔνθα ἐκάστη τετμήμενη διδοὶ τὴν ἡμέραν καὶ
 τὸ ἀντίστοιχον ὕψος τῆς πιεσούσης βροχῆς.



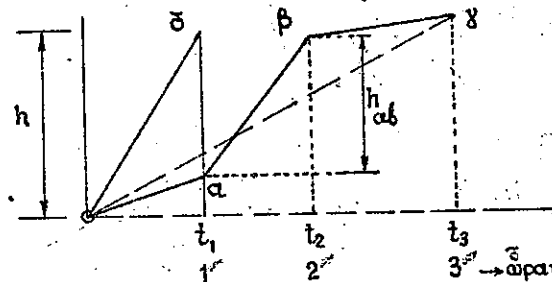
Σχ. 78. Ἡμερησίου βροχαί κατὰ τὴν διάρκειαν
 ἔτους.

Τὸ ὕψος ὁμῶς τῶν μεμονωμένων βροχῶν δὲν εἶναι ἱκανοποιητι-
 κόν εἰς τὴν ὑδρολογικὴν μελέτην πλείστον, τεχνικῶν ἔργων
 (ἐκκείλιται φραγμάτων, πλήμμυραι ποταμῶν, μέγιστοι ἀπορροαί, ὑπονό-
 μων ὀμβρίων ὑδάτων), δεόν δὲ νὰ λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν τοῦτο ἐν εὐνοῦα-

εμῶς μετὰ τὸν χρόνον διαρκείας τῆς βροχῆς, ὅποτε, προκύπτει ἡ ἔντασις τῆς βροχῆς, ἥτοι :

$$i = \frac{h}{t}$$

ἥτις συνήθως λαμβάνεται εἰς χιλιοστά ἀνὰ πρῶτον λεπτὸν.



Σχ. 79. Ἐντασις βροχῆς.

Εἰς τὸ σχῆμα 79, ἐμφαίνονται αἱ βροχαὶ οχ, οαβγ καὶ οδ, ἔχουσαι ἅπασαι τὸ αὐτὸ ὕψος ἀλλὰ διαφορετικὴν ἔντασιν ἐκάστη. Ἡ βροχή οδ, εἶναι δυνατόν νὰ εἶναι καταστρεπτικὴ εἰς

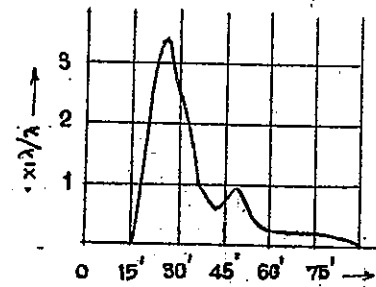
μῆαν περισκίον, ἐνῶ ἡ βροχή οχ νὰ μὴν εἶναι σὺδὸλως ἔχουσα μικρὰν ἔντασιν. Ἐκ τοῦ ἀνωτέρου σχήματος ἐμφαίνεται ἀμέσως καὶ ἡ ὑπεροχή τῆς μετρήσεως τῶν βροχῶν διὰ αὐτογράφων βροχομέτρων, ἔναντι τῆς διὰ κοινῶν βροχομέτρων.

Ἡ γνώσις τῆς ἔντασεως μιᾶς βροχῆς μᾶς ἐπιτρέπει ἐξ ὅλλου τὸν ἄμεσον θεωρητικὸν ὑπολογισμὸν τῆς ἀπορροῆς ὕδατος ἐκ μιᾶς λεκάνης, δι' ὃ καὶ συνήθως ἡ ἔντασις τῆς βροχῆς ὑπολογίζεται καὶ ὡς ἀπορροή ἔνθα :

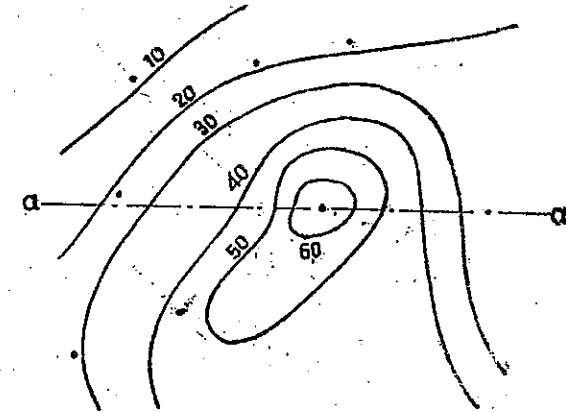
$$i \text{ κλ/λ} = \frac{0.001 \times 10.000 \text{ μ}^2}{60 \text{ μ}} \times 1000 = 167 \text{ λίτρα/δλ. ἐκτάρ.}$$

Αἱ μεμονωμένα βροχαὶ μεγάλου ὕψους καὶ μικρᾶς διαρκείας χαρακτηρίζονται ὡς καταιγίδες, εἶναι δὲ αἱ πλέον ἐνδιαφέρουσαι διὰ τὴν ὑδρολογίαν.

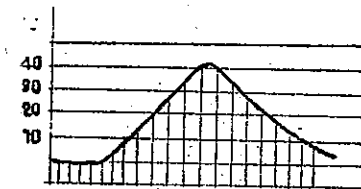
Αἱ μεμονωμένα βροχαὶ ἐπαινίως ἐμφανίζονται ὑπὸ τὴν μορφήν οδ ἢ οχ τοῦ σχήματος 79 μετὰ σταθεράν ἔντασιν. Συνήθως ἐμφανίζονται ὑπὸ τὴν μορφήν οαβγ ἢ αβγ, μετὰ μεταβλητὴν τὴν ἔντασιν αὐτῶν ὡς ἐμφαίνεται εἰς σχ. 80. Πλὴν τῆς χρονικῆς ταύτης μεταβολῆς τῆς ἔντασεως, παρουσιάζεται κατὰ κανόνα καὶ τοπικὴ



Σχ. 80. Μεταβολὴ ἔντασεως βροχῆς (καταιγίδος)



μεταβολὴ τῆς ἔντασεως, ὡς ἐμφαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 81, παρουσιάζεται τούτεστιν ἓνα κέντρον ἐκάστης βροχῆς περίε, τοῦ ὁποῦ τοῦ ὕψους καὶ ἡ ἔντασις αὐτῆς βαίνουν ἐλαττούμενα. (Schaffernak).



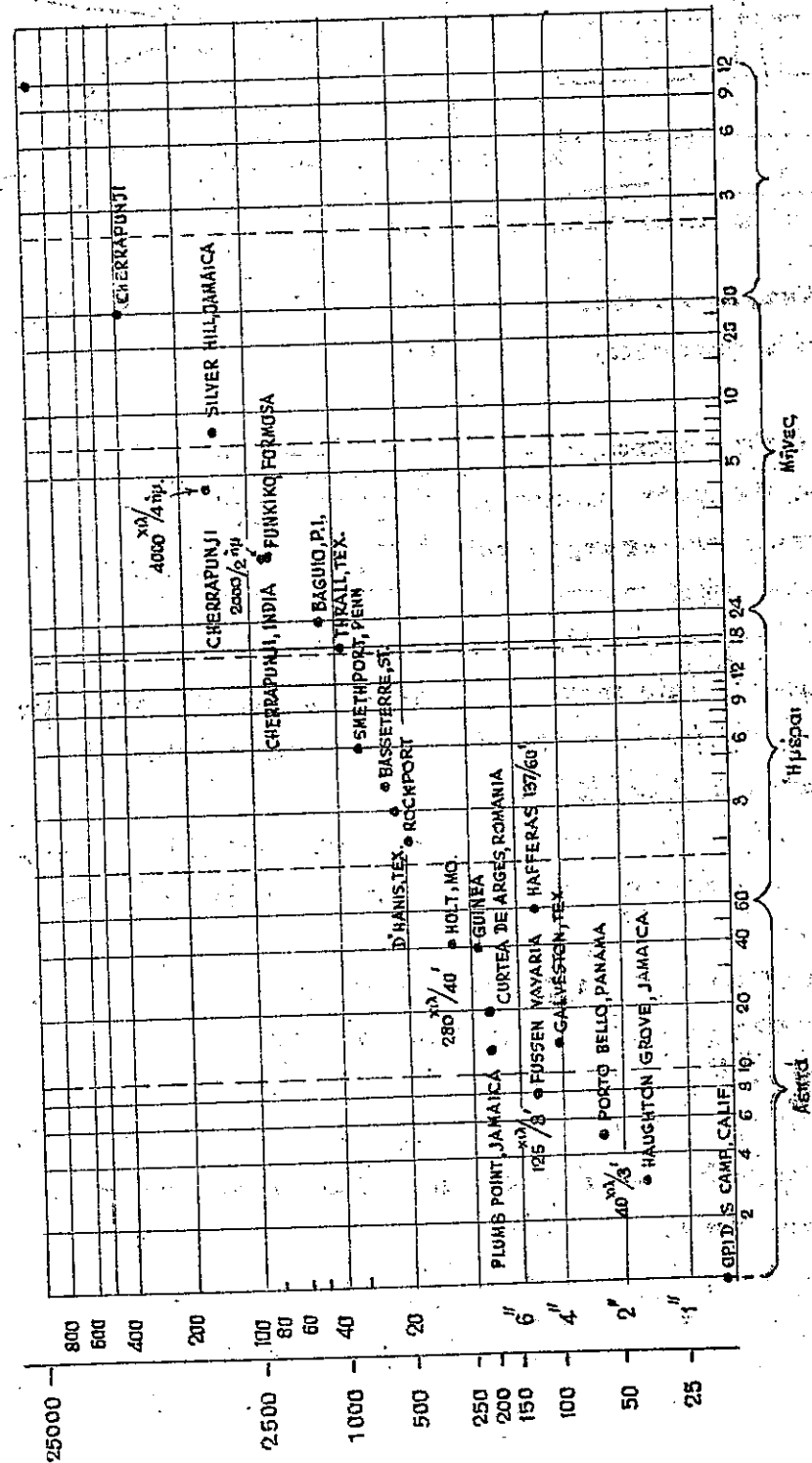
Τομή α-α

Σχ. 81. Ὑψος βροχῆς περὶ τοῦ κέντρου 30' εἰς διαφόρους σταθμούς.

Ἐκ παραλλήλου παρατηρεῖται ὅτι αἱ βραχύτεραι βροχαὶ ἔχουσιν καὶ τὴν μεγαλυτέραν ἔντασιν (cloudburst, νεφελέκρηξις) ὅσον δὲ μεγαλυτέρα εἶναι ἡ διάρκεια τῆς βροχῆς, τόσον καὶ ἡ ἔντασις αὐτῆς μειοῦται.

Εἰς τὸ σχῆμα 82 δίδονται πινές ἐκ τῶν μεγαλυτέρων παρατηρηθεισῶν καταιγίδων ἀνὰ τὴν ὑψήλιον (διπλὴ λογαριθμικὴ κλίμαξ).

Ἐάν θελήσωμεν νὰ διακρίνωμεν τὰς βροχὰς διαρκείας λεπτῶν τινῶν, τὰς βροχὰς διαρκείας ὥρων καὶ τὰς βροχὰς διαρκείας ἡμερῶν, δά εὖρωμεν τὰς ἀκολουθοῦσας παρατηρήσεις μεγίστων τινῶν τιμῶν :



Σχ. 82. Παρατηρήσεις μεγάλοι καταγίδες.

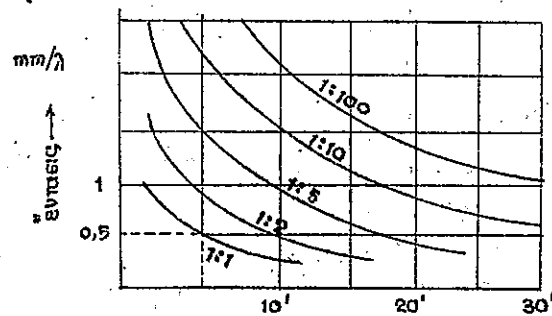
	Υψος	Διάρκεια	Ένταση	
Διάρκεια λεπτών:	χιλ.		mm/min	mm/ωρ.
Bulawayo, Νότιος Άφρική.....	356	15'	23.73	—
Bannwald sea 25.v.1920.....	126	8'	16 (!)	—
Jerichow, Σαξωνία 3.vii.1899.....	77.8	15'	5.19	—
Laue.....	29.8	6'	4.97	—
Wegeringhausen (Βεστφαλία).....	12.9	3'	4.30	—
Graz 13.vii.1913.....	540.0	2 ώραι	4.50	270
Schauerreg.....	650.0	2 "	5.40	325
Molito les Bains (Ostpyrenäen).....	313.0	1,5 "	3.50	209
Salzberg.....	553.7	4 ημέρ.	—	5.77
Hirsch Cerg.....	272.4	2 "	—	5.66
Βερολίνον (22.vii.1893).....	34.3	26'	1.32	—
Τρίκκαλα (1907).....	198.0	420'	0.47	(καταστροφή πλημμυρ Αιθαίου).
Αθήναι (24.χι.1925).....	93.0	70'	1.33	—
" (14.χι.1898).....	150.0	98'	1.50	—
Θεσσαλονίκη (15.vi.1899).....	13.7	10'	1.37	—

Τα μέγιστα ύψη βροχής εν Ελλάδι κυμαίνονται μεταξύ 90-150 χιλιοστά ημερησίως. Τινά εκ των χυσιετων άπολύτως μεγίστων είναι τα ακόλουθα:

	Υψ. Σταθμού	Έτος	Ευκαιρίου (θ/κη)
Σπηλιάς.....162.8 (4-iii.1934)	+ 320.0	Ελος	Ευκαιρίου (θ/κη)
Άλκιανοῦ.....200.0 (17. x. 1937)	68.00	Κρήτη	Κρήτη
Καλαμών.....204.3 (1. v. 1894)	31.0	—	—
Ίεπιαίας..... 204.9 (26. x. 1927)	32.0	—	—
Κερκώρας.....205.0 (23.ii.1898)	+ 27.0	—	—
Νικήσιανη.....217.0 (26. x. 1939)	+ 320.0	Στρυμῶνος	Στρυμῶνος
Δημαρίου.....248.2 (15. ii. 1931)	+ 950.0	Λ. Βιστονίδος.	Λ. Βιστονίδος.

	Ύψ. Σταθμοῦ	
Άνω Σουβάλας.....254.0 (28.vi.1939)	700.00	Παρνασσού
Έξω Ποταμών.....274.1 (15.xi.1932)	+825.00	Ρηήτης
Άσκιφου.....303.2 (8.i.1940)	+740.00	Ρηήτης
Νερσκούρου.....310.4 (17.x.1937)	+95.00	Ρηήτης

Γενικῶς, εἰν ἐκφράσωμεν τὴν ἔντασιν βροχῆς συναρτήσῃ τῆς διαρκείας αὐτῆς καὶ τῆς συχνότητος ἐμφανίσεώς της λαμβάνομεν τὸ διά-



Σχ. 83. Διάρκεια καὶ ἔντασις βροχῆς

γραμμα τοῦ σχήματος 83 ἔνθα ἕκαστον σημεῖον τῶν καμπυλῶν παριστᾷ καὶ μίαν βροχήν.

Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν καμπυλῶν αὐτῶν ὑπολογίζονται λ.χ. τὰ δίκτυα ὑπονόμων.

Αἱ καμπύλαι αὗται

λαμβάνουν συνήθως καὶ μαθηματικὴν ἐκφράσιν τοῦ τύπου:

$$i = \frac{a}{b+t} \quad \text{ἢ}$$

$$i = -0.311 + \frac{3.522}{\sqrt[3]{t_{\mu}}} \quad \left[\begin{array}{l} t \text{ εἰς λεπτά} \\ i \text{ εἰς mm/λ} \end{array} \right]$$

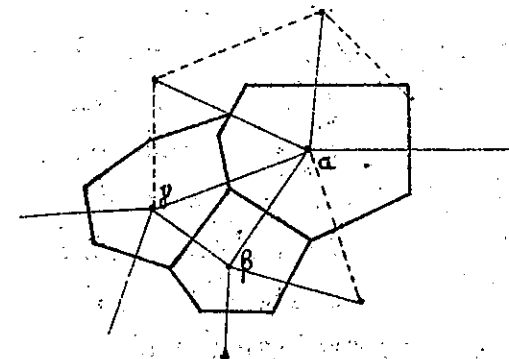
4^{ον}. Ὁ ὄγκος τῆς καταπεσοῦσης βροχῆς.

Ὁ ὑπολογισμὸς τῆς καταπεσοῦσης βροχῆς εἶναι ἀπαραίτητος ἵνα ἐν συνεχείᾳ μελετηθῇ ἡ διδίδου αὐτοῦ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους.

Διὰ περιπτώσεις ἀναζητήσεως τοῦ ὄγκου ἐκ τῶν ὑψῶν τῶν ἐπιείων βροχῶν ὁ ἀπλούστερος ὑπολογισμὸς εἶναι διὰ τῶν ἰσοϋετίων καμπυλῶν ἔνθα τὸ ἐμβαδὸν τῶν τμημάτων τῆς ὑπὸ μελέτην λεκάνης, τὸ

μεταξὺ δύο ἰσοϋετίων καμπυλῶν, πολλαπλασιάζεται ἐπὶ τὸ ἡμιαῖρομα τῶν ὑψῶν τῶν βροχῶν τῶν δύο καμπυλῶν τούτων καὶ προκύπτει ὁ καταπεσοῦν ὄγκος βροχῆς.

Διὰ ἐπιείας βροχῆς ἀλλὰ ἐνίστε διὰ μεμονωμένας βροχᾶς, ἑτέρα ἀπλή μέθοδος εἶναι ἡ ὑπὸ τοῦ Thiessen δοθεῖσα, καθ' ἣν



Σχ. 84. Μέθοδος Thiessen διὰ τὸν ὄγκον βροχῆς.

ἐνοῦται οἱ εὐθείαις ἕκαστος σταθμὸς μετὰ τοὺς χειτονικοὺς του, λαμβάνονται τὰ μέσα τῶν ἀποστάσεων τούτων καὶ ἐνοῦνται οἱ εὐθείων καθεύτων διδουμένων πολυγώνων (βλ. σχ. 84).

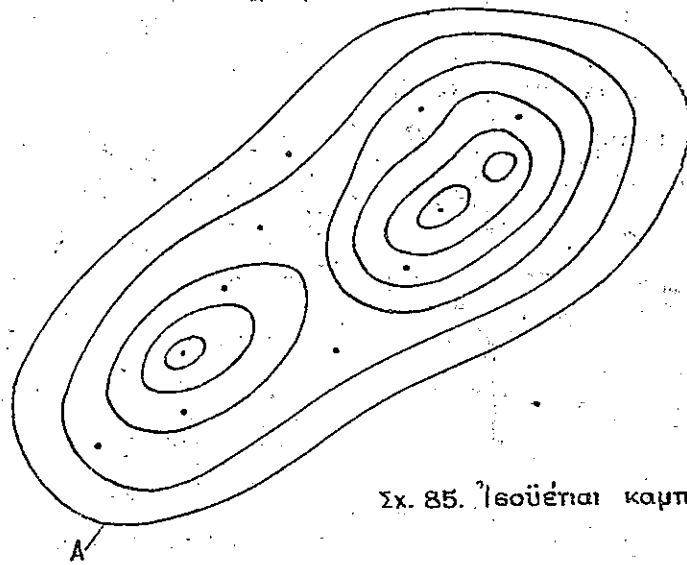
Τὸ ἐμβαδὸν ἑκάστου πολυγώνου πολλαπλασιάζεται μετὰ τὸ ὕψος βροχῆς τοῦ σταθμοῦ ὅπου εὑρίσκεται εἰς τὸ κέντρον αὐτοῦ καὶ οὕτω προκύπτει ὁ ὄγκος τῆς

βροχῆς ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ πολυγώνου, δι' ἀδροίσεως δὲ τῶν μερικῶν ὄγκων προκύπτει ὁ ὅλικός ὄγκος βροχῆς ἐπὶ τῆς ὅλης ἐπιφανείας.

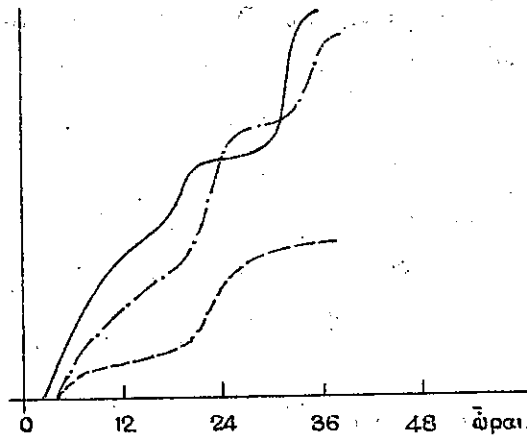
Αἱ ἀνωτέρω μέθοδοι δὲν λαμβάνουν ὅμως ὑπ' ὄψιν καὶ τὴν χρονικὴν διανομὴν τῆς βροχῆς.

Οὕτω λαβόμεν ἕν παράδειγμα ἐπιφανείας Α' (σχ. 85) ἔνθα ἐμετρήθησαν αἱ βροχαὶ τῶν σταθμῶν τῶν διαφορῶν αὐτῆς σημείων ἔχουσαν ὡς ἐν τῷ σχήματι 86. Ἐπὶ τῇ βάσει αὐτῶν κατὰ εἰσονται αἱ εἰς τὸ σχ. 85 ἰσοϋετίαι καμπύλαι.

Ἐπὶ τῇ βάσει πινάκων δυναμέθα ἡδὴ νὰ ὑπολογίσωμεν τὸν ὄγκον τῆς βροχῆς ὅστις διὰ ἀντιστοικῆ εἰς διάφορα τμήματα τῆς ἐπιφανείας διὰ διαφορῶν χρόνους διαρκείας τῆς βροχῆς ὅποτε ἔχομεν τελικῶς τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 87 ἔνθα δίδεται τὸ μέγιστον δυνατόν μέσον ἐπὶ τῆς ὅλης ἐπιφανείας ὕψος βροχῆς συναρτήσῃ τῆς ἐκτάσεως τῆς ἐπιφανείας καὶ τοῦ χρόνου διαρκείας βροχῆς (βλ. Kohler).



Σχ. 85. Ισοϋέται καμπύλαι.



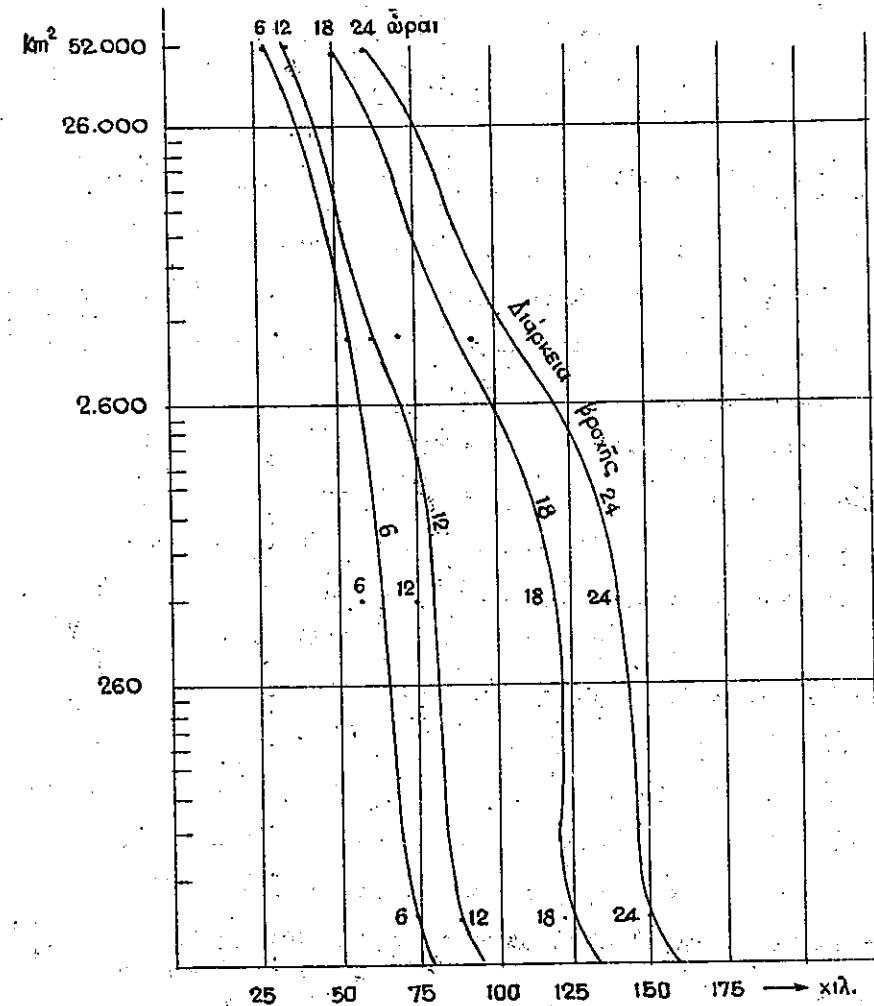
Σχ. 86. Διάγραμμα βροχών.

Συνήθως δίδονται
καί αναλυτικοί τύποι έν-
τάσεως τής βροχής, συ-
ναρτήσεως τής επιφανείας
συλλογής τής μορφής
 $i = f(F)$ ως ο τύπος του
Hofbauer :

$$i = \frac{216}{\sqrt{F}}$$

ένθα i χιλ/ώραν καί F
είς Km^2 .

Κατά την καταιγίδα ήτις εκ τής φλωρίδος (18.9.1938) ένεσχυψεν
είς Νέαν Άγγλίαν Η.Π.Α. την 21.9.1938 παρουσιάσθησαν μέγιστα ύψη βρο-
χής άπينا ξεφετύνοντο άνολόγως τής βρεχομένης έκτάσεως ως κα-
τωθι (Barrows).



Σχ. 87. Μέσον ύψος βροχής συναρτήσει διάρκειάς αυτής καί λεκάνης
συλλογής.

Ύψος βροχής m/m	Βρεχομένη επιφάνεια Km^2	Ύψος βροχής m/m	Βρεχομένη επιφάνεια Km^2
101.6	163.000	305.0	6.750
152.0	98.000	355.0	2.070
202.0	54.500	406.0	260
254.0	21.500		

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΙΙ. Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΥΔΑΤΟΣ

Α. Γενικόν ἰσοζύγιον τῶν ὑδατωδῶν κατακρημνίσεων.

Αἱ ὑπὸ μορφῇν βροχῆς ἢ ὑπὸ οἰαδήποτε ἄλλῃν μορφῇν πίπτουσαι ὑδατῶδεις κατακρημνίσεις εὐθὺς ὥς φθάσῃσι ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους ἀκολουθοῦν διαφόρους ὁδοὺς. Οὕτω ἐν μέρος αὐτῶν διὰ τῶν χαραδρώσεων ῥέει ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους σχηματίζον ρύακας, χειμάρρους καὶ ποταμούς ῥέοντας πρὸς λίμνας ἢ τὴν θάλασσαν, ἥτοι δημιουργεῖ τὰ ἐπιφανειακά ὑδατὰ (ῥέοντα ἢ στασιμα). Ἔτερον μέρος διεισδύει ἐντὸς τοῦ ἐδάφους διὰ τῶν πόρων αὐτοῦ καὶ κυκλοφορεῖ ἢ παραμένει στασιμον ἐντὸς τοῦ ἐδάφους καὶ δημιουργεῖ τὰ ὑπόγεια ὑδατὰ (στασιμα ἢ ῥέοντα).

ὑπὸ ἀμφοτέρων τῶν μορφῶν ταύτων τὸ ὕδωρ δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ τὴν ὑδατικήν οἰκονομίαν.

Ἐκ παραλλήλου ὁμοῦς ἓνα, ἐνίοτε μέγα ποσοστὸν τῶν ὑδατωδῶν κατακρημνίσεων δὲν δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ περαιτέρω — εἰ μὴ μόνον ἐνίοτε κατὰ τὴν ἄμεσον πτώσιν του — καὶ ἀποτελεῖ τοῦτο τὰς ἀπωλείας τοῦ ὑδατος αἵτινες σύγκεινται κυρίως εἰς τὰς ἀκολουθοῦσας κατηγορίας.

Παρακράσεις ὑπὸ τῶν φυτῶν καὶ ἐξάτμις ἐξ αὐτῶν εἰς τὸν ἀέρα (π).

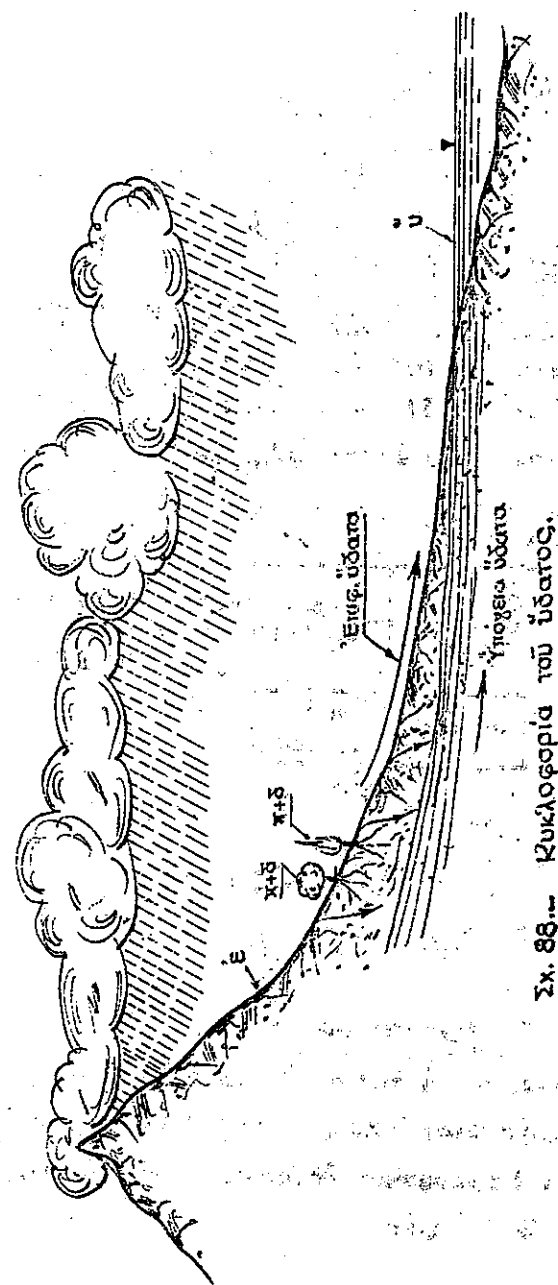
Διαπνοή τῶν φυτῶν ἐκ τοῦ ἀέρος περιβάλλοντος αὐτῶν (δ).

Ἐξάτμις τοῦ ἐδάφους (ε).

Ἐξάτμις ἐπιφανειῶν ὑδατος (ἐξάτμις τοῦ ὑδατος) (υ).

Παρακράσεις τοῦ ἐδάφους (π.δ).

Εἰς τὸ σχῆμα 88 δίδεται τὸ διάγραμμα κυκλοφορίας τοῦ ὑδατος εἰς δὲ τὸ σχῆμα 89 ἐμφαίνεται γραφικῇ παράστασις τοῦ ἰσοζυγίου τῶν ὑδατωδῶν κατακρημνίσεων.



Σχ. 88.

Οὕτω τελικῶς ἔχομεν διὰ τὸ ἰσοζύγιον τῶν ὑδατωδῶν κατακρημνίσεων, ἐπὶ μιᾷ ὑδρολογικῆς λεκάνῃς :

$$B = \gamma\pi + \gamma\delta + \epsilon\pi\phi + \gamma\delta\alpha\pi + \pi + \delta + \pi\delta + \epsilon + \nu.$$

Ἐπὶ τῇ βίσει τῆς ἐξίσωσης ταύτης, προσπαθοῦμεν προσδιορίζοντες τὰ ἔξ μετέδηνά εὐρωμεν τὸ ἔξδομον.

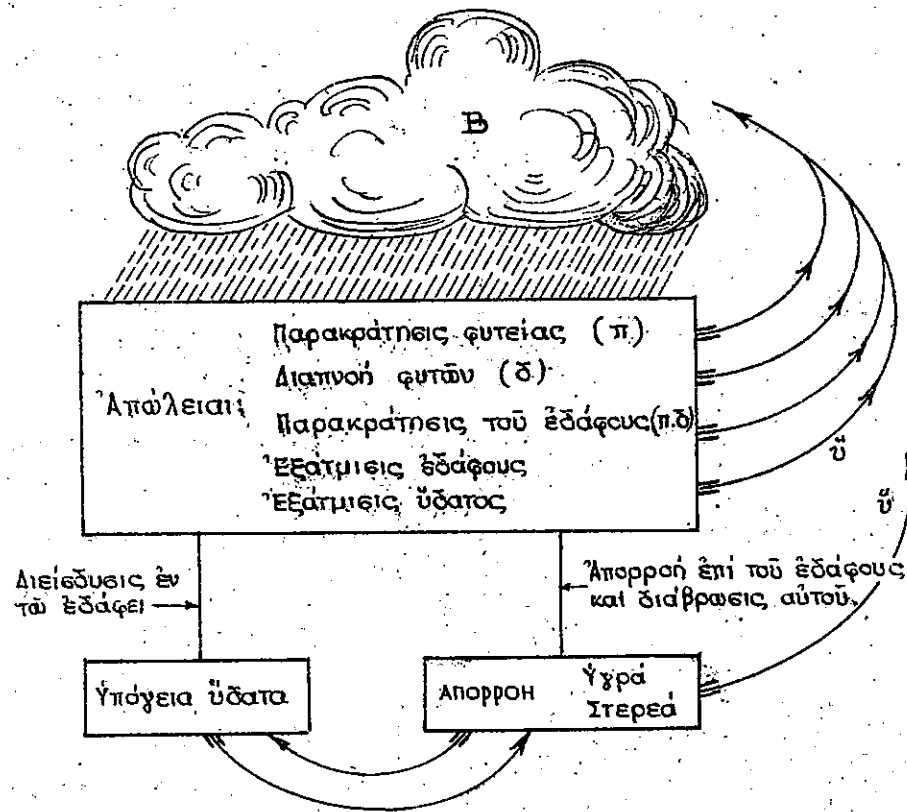
Ἐξ αὐτῶν τὸ ἀπλούστερον προσδιοριζόμενον εἶναι ἡ βροχή (B) κατὰ τὰ ἐκτεθέντα εἰς τὸ προηγούμενον κεφάλαιον.

Τὰ ὑπόλοιπα ὡς εἶναι εὐνόητον ὑφίστανται ἀπὸ τόπου εἰς τόπον μεγάλας διακυμάνσεις λόγῳ τῆς ὁμοιομορφίας ὅλων τῶν ὑπείσρχομένων συντελεστῶν αἵτινες ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὰς τοπι-

κὰς συνθήκας ὡς ἀκολουθῶς:

1^α. Μετεωρολογικαὶ συνθήκαι:

Βροχή, χιόν (ῥφος, ἐντασις, ἔκτασις, κατανομή).
Θερμοκρασία, Ἐξάτμις, Ὑγρασία ἀέρος, Ἄνεμοι.



Σχ. 89. Γραφική παράστασις του Ισοζυγίου του ύδατος.

2%... Χαρακτηριστικά τής Λεκάνης άπορροής :

Έκτασις, Σχήμα, Γενική τοποθεσία περιβάλλοντος (όρη, θάλασσα). Τοπογραφική διαμόρφωσις (κλίσις). Λίμναι, Έλη, Γεωλογική διαμόρφωσις εδάφους και υπεδάφους, Δάση, Φυτεΐαι, Καλλιέργειαι.

3%... Τεχνικά έργα :

Έπιφανειακή ή Υπογεία αποθήκευσις (Φράγματα, υπόγεια φράγματα).

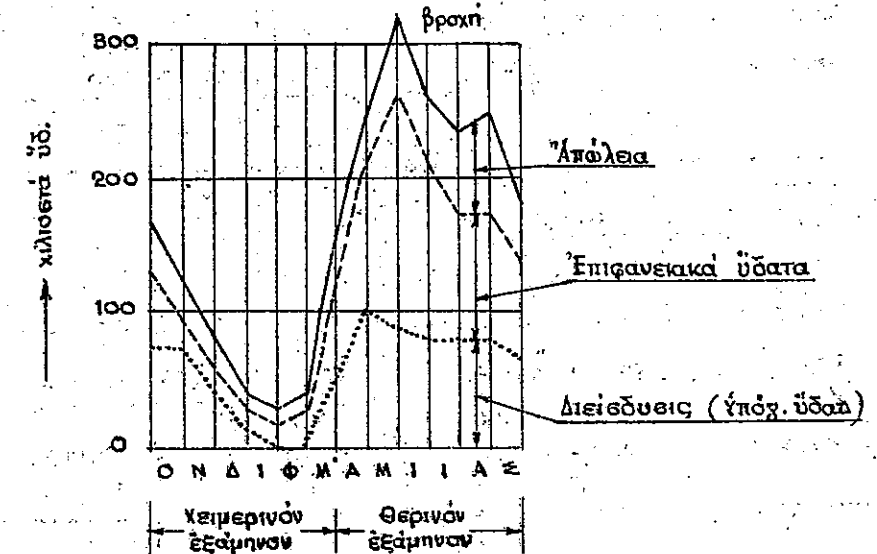
Στράγγιεις, Άρδευσις, Άδοποιΐα, Σήραγγες, κ.λ.π.

Συνήθως εκτιμῶνται αἱ απόλειαί καί μετρώνται τὰ έπιφανεια-

κά ύδατα ή τὰ υπόγεια ύδατα αναλόγως του ποίου έκ των δύο ο προεδιορισμός αποτελεί τόν κύριον επιδιωκόμενον σκοπόν προεδιορίζεται τὸ έτερον έξ αυτών. Η έργασία είναι επίπονος, έπιτελείται δι' έκαστην νέαν λεκάνην ευνήδη συγκριτικῶς πρός έτέρας όμοίας καί διὰ συμπληρωματικῶν μετρήσεων. Άκριβής προεδιορισμός δύναται νά χίνη έκ των υστερών όταν δηλαδή έκουσιν κατασκευασθεΐ τὰ έργα καί άρχεται ή λειτουργία αυτών.

Είς τὸ σχ. (90) διδεται τὸ Ισοζύγιον ύδατος εἰς περιοχὴν του ποταμοῦ Saalach.

Παρατηρητέον ότι πρόκειται περί ήπειρωτικῶ κλίματος. Τὸ άθροισμα άπολειαῶν έπιφανειακῶν άπορροῶν καί διεϊδύσεων εντός του εδάφους, Ισοῦται μέ τὸ έκαστοτε ύψος βροχῆς.



Σχ. 90. Υδατικόν Ισοζύγιον ποταμοῦ Saalach (Streck)

Είς τόν ακόλουθον πίνακα διδεται τὸ Ισοζύγιον του ύδατος ανά πίν ύφῆλιν.

	Εκτασίς km ² x 10 ⁶	Ύψος, mm	Όγκος, km ³	%
I. Έπιφάνεια τής γῆς.....	313,00	—	—	—
Έξάτμισις ὑδάτ. ἐπιφ.....		748,0	233.000,00	80
Έξάτμισις ἐδάφους.....		190,0	59.500,00	20
Βροχή ἐπὶ τῆς γῆς		938,0	292.500,00	100

II. A. Θάλασσα :	224,00			
Έξάτμισις θαλασσῶν.....		1040,0	233.000,00	100
Υδροατμ. θαλασσῶν εἰς ἐπὶ.....		71,0	15.600,00	7
		969,0	217.400,00	93
B. Ξηραὶ ἀπορρέουσιν εἰς θαλάσσαν.....	70,00			
Υδροατμοὶ ἐκ θαλασσῶν.....		220,0	15.400,00	29
Έξάτμισις ἐδάφους.....		761,0	53.230,00	100
Βροχή ἐπὶ ἡπείρων ἀπορ- ρευσῶν εἰς θαλάσσαν.....		980,0	66.600,00	129
Γ. Ρλνίσταί λεκάναι	19,00			
Έξάτμισις ἐδάφους.....		330,0	6.270,00	100
Βροχή ἐπὶ τοῦ ἐδάφους		330,0	6.270,00	100

Ἦτοι ἡ ὅλική ἐπὶ τῆς γῆς πίπτουσα βροχή ἴση πρὸς 292.500,0 κυβι-
κά χιλιόμετρα, ἔχει αἰς ἄθροισμα τὴν ἐξάτμισιν τῶν θαλασσῶν (233.000,0 km³)
καὶ τὴν ἐξάτμισιν ἐκ τῶν ἐδάφους (53.230,0 km³ + 6.270,00).

B. Αἱ κατὰ μέρος ἀπώλειαι.

Ἐξετάσωμεν ἤδη τὰ κατ' ἑκάστη ἀπώλειαν, ἥτοι τὰς ἀνα-
μενομένας τιμὰς ἐξ αὐτῶν καὶ τὸν τρόπον προσδιορισμοῦ αὐτῶν.

1. Παρεμβολὴ φυτείας. (Παρακράτσεις φυτῶν, Interception)

Ῥατώμεν τῶν δένδρων καὶ φυτῶν ἡ πίπτουσα βροχή, συγκε-
ρατομένη ὑπὸ τῶν φύλλων, κλάδων καὶ κορμῶν, ἐλαττοῦται σημαντικῶς
ἐκμηδενίζουμένη ἐνίοτε. Ἡ ἐπιφάνεια ἣν παρουσιάζει τὸ ἀνάπτυγμα τῶν
φυλλωμάτων εἶναι πολλαπλασία τῆς ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ὀριζοντίας προβο-
λῆς τῶν φυτῶν. Ἡ ἀναλογία αὕτη ἔχει ὡς ἑξῆς :

Δάση (μέσης ἡλικίας): 8,4 στρέμματα/στρέμμα

Δημητριακά..... 7,4 " "

Τριφυλλί..... 5,6 " "

Λειρῶνες..... 4,8 " "

Ἐκ τούτου ἐμφαίνεται ὅτι τὰ καλλιεργούμενα φυτὰ παρουσιάζ-
ουν μικροτέραν ἀναλογίαν εἰκονικῆς ἐκτάσεως (4,8-5,6) ἐν τούτοις
ὅμως, παρουσιάζουν μεγαλύτερας ἀπώλειαν κατὰ τὸ θέρος, ὅπου προ-
ετίθεται ἐπὶ πλέον ἡ διαπνοή καὶ ἐξάτμισις (περὶ τῶν κατωτέρων).
Δι' ὅλον ὅμως, τὸ ἔτος, τὰ δάση παρουσιάζουν μεγαλύτεραν πα-
ρακράτσειν ἀκόμη καὶ τὰ φυλλοροοῦντα δάση ἅπασιν κατὰ τὸν χει-
μῶνα συγκερατοῦν ὕδωρ διὰ τῶν κορμῶν καὶ κλάδων.

Ἐκ παραλλήλου ὅμως τὰ δάση προκαλοῦν αὐξησιν τῆς βροχῆς ὡς

	Υ ψ ό μ ε τ ρ ο ν			
	1-90"	290-300	600-690	900-980
Σταθμοὶ εἰς δάση.....	658	745	1090,0	1760,0
Συνήθεις σταθμοὶ.....	648	695	915,0	930,0
Εκατοστιαία διαφορά.....	1,6%	7,1%	18%	89%

δεικνύει ὁ ἀκόλουθος πίναξ ἐκ μετρήσεων τοῦ Bebbier εἰς δάση τῆς Πρωσίας :

Διὰ τοῦ προεδιορισμὸν τῆς παρακρατήσεως τῶν δαῶν, ἐκ τριετῶν περαμάτων, ὁ Bühler καθώρισεν τὰς ἀκολουθούσας τιμὰς :

Ἡλικία δάσους ἔτη	20	50	60	90
Παρακρατήσεις ὑπὸ δένδρου (% τῆς πεσούσης βροχῆς	2	27	23	17

Ὁ Ney ἐξ ἄλλου ὑπελόγησεν ὅτι τὸ πραγματικὸν ὑπὸ τῶν φυλάματων κατακρατούμενον ποσοστὸν βροχῆς (ἀφαιρουμένου τοῦ διὰ τῶν κορμῶν ἐπιστρέφοντος εἰς τὸ ἔδαφος ποσοῦ) ἀνέρχεται διὰ δάση ὀρυός, πεύκων καὶ ἐλάτης εἰς 15%, 20% καὶ 33,5% ἀντιστοίχως.

Ἐξ ἄλλου ὁ Mathieu ἐξ ἐνδεακῶν παρατηρήσεων προεδιώρισεν εἰς 8,5% τὰς ἀπωλείας εἰς δάση ὀρυός ἐξ ὧν τὸ 5,9 κατὰ τὸν χειμῶνα. Γενικῶς παρατηρεῖται ὅτι τὰ βελονοειδῆ παρακρατοῦν περισσότερον ὕδωρ ἢ τὰ πλατύφυλλα δένδρα.

Ἡ κατακρατούμενη ποσότης, γενικῶς, ἀνέρχεται κατ' ἀρχὴν εἰς τὸ ὕψος βροχῆς, ὅπερ κατακρατεῖται ὑπὸ τῆς ἀνεπτυγμένης ἐπιφανείας φύλλων καὶ κλάδων (ὄγκος ἀποθηκείσεως), μετὰ δὲ τὸν κορεσμὸν αὐτῶν, ἡ ποσότης αὕτη ἰσοῦται μὲ τὴν ἐξατμιζομένην τοιαύτην ἐκ τῆς μεγάλης ταύτης ἐπιφανείας.

Ἡ κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς βροχῆς ἐξατμίσις ἐπηρεάζεται κυρίως ἐκ τῆς θερμοκρασίας, τῆς εχετικῆς ὑγρασίας καὶ τῶν πνεόντων ἀνέμων.

Οὕτω ὁ Horton ἐκτιμᾷ τὰς ἀπωλείας ἀναλόγως τοῦ ὕψους τῆς βροχῆς, ὡς ἀκολουθῶς :

Ἐντασις	1 χιλ.	Παρακρατήσεις	100%
	2.5 "		50%
	5.0 "		37%
	10.0 "		30%
	15.0 "		26%
	17.5 "		25%

Περαιτέρω αὐτός ἐκτιμᾷ τὴν παρακράτησιν διὰ διαφόρου τύπου βλαστήσεις εἰς τὰ ἑξῆς ποσοστὰ τῆς βροχῆς :

Γεώμηλα :	2.9%	Ἄγροί	16.7	Ὀπωροφόρα	16%
Δημητριακά :	10.7%	Ἄρπελοι	15.7	Δάση ἔως	37%

Ἡ μὲτρησης τῆς παρακρατήσεως προκύπτει ἐκ τῆς διαφορᾶς ἀναχναίσεων βροχομέτρων τοποθετουμένων εἰς ἀναπεπταμένον ἔδαφος καὶ ὑπὸ τὴν βλάβησιν.

2. Διαπνοὴ τῶν φυτῶν.

Τὸ ὕδωρ παραλαμβάνεται ὑπὸ τῶν φυτῶν ἐκ τοῦ ἔδαφους ὑπὸ μορφήν ὕδατων διαλυμάτων, μέσῳ τῶν τρικῶν τῶν ριζιδίων διὰ τῆς ἀπορροφήσεως (imbibition) (ἐλξεως τῶν κολλοειδῶν ὑλικῶν τῶν κυττάρων), ἥτις δύναται νὰ φθάσῃ ἐνίστη πύεσιν πολλῶν ἀτμοσφαιρῶν καὶ μεταβιβάζεται ἐντὸς τοῦ κυμοῦ τῶν κυττάρων ἢ εἰς τὰ ἐνδοθερμικά κύτταρα διὰ τῆς ὠσμώσεως. Ἡ ἀπορρόφησις καὶ ἡ ὠσμωσις ὁρτὺν συνδεσθῶσιν καὶ τείνουσιν νὰ ἰσορροποῦν. Ἐξ ἄλλου ἡ ἐπιθερμὶς τῶν φύλλων περιέχει πολλοὺς πόρους, τὰ στόματα, ἐνθ' ἐκ παραλήλουθ εἰς τὰ μεσόφυλλα περιέχονται πολλὰ ἀνοίγματα οὕτως ὥστε ἡ ἔκτασις τῶν ὑγρῶν ἐπιφανειῶν τῶν κυττάρων νὰ ὑπερτερῇ κατὰ πολὺ τῆς ἐπιφανείας τῶν φύλλων. Τὸ ὕδωρ ὅπερ φθάνει εἰς τὰς ὑγρὰς ταύτας ἐπιφανείας ἐξατμίζεται καὶ ἐξέρχεται διὰ τῶν στομάτων καὶ οὕτω ἐπιτελεῖται ἡ διαπνοή.

Ἐκαστον τετραγωνικὸν ἑκατοστὸν τῶν φύλλων περιλαμβάνει 3000-13000 στόματα (κεῖμενα κατὰ τὰ 3/4 εἰς τὴν κάτω ἐπιφάνειαν τῶν φύλλων) ἅτινα ἀνοίξουσιν εἰς τὸ φῶς καὶ κλείουσιν εἰς τὸ σκοτὸς ἢ ὅταν ὑπάρχει ἀνεπάρκεια προσκομιζομένου ὕδατος. Ἡ διαπνοὴ ἀποτελεῖ τοιοῦτοτρόπως φαινόμενον ἐξατμίσεως καὶ εἶναι συνάρτησις τῆς θερμοκρασίας, τῆς εχετικῆς ὑγρασίας, τῆς ἡλιοφανεῖας, τῶν πνεόντων ἀνέμων κ.λ.π. μετεωρολογικῶν συνθηκῶν.

Ἡ διαπνεομένη ποσότης τοῦ ὕδατος εἶναι ἐνίστη πολὺ μεγάλη, ἐκτι-

μάται δέ συνήδως ως πολλαπλασίον του ξηρού βάρους των φύλλων του διαπνεύοντος φυτού εις την περίπτωσιν δένδρων ή εις πολλαπλασίον του ξηρού βάρους των καρπών του φυτού διά τας διαφόρους καλλιέργειας.

Είς τον επόμενον πίνακα διδεται ή διαπνεομένη ποσότης ύδατος τόσον διά την μίαν περίπτωσιν (δάση εν Εύρώπη) όσον και διά την άλλην (καλλιέργειαν εν Αμερικη).

Σημύδα	700-900	χιλ. ύδατος/χρον	φύλλων
Σφένδαμος	450-700	"	"
Πτελέα	410-820	"	"
Δρυς	253-690	"	"
Έλδιη	60-140	"	"
Πεύκη	30-120	"	"
Άραβόσιτος	349	"	"
Πατάτες	575	"	"
Ϊτός	557	"	"
Βάμβαξ	568	"	"
Ρύζι	682	"	"
Λαχανικά	750	"	"

Οί αριθμοί ούτοι κυμαίνονται βεβαίως αναλόγως του έδάφους, και του κλίματος (βροχή, θερμοκρασία κ.λ.π.).

Έκ μεμονωμένων πειραμάτων περαιτέρω ό Ηόηηελ προσδιορίζει την διαπνοήν εις δάση:

Διά 122 δένδρα ανά στρέμμα, ηλικίας 50-60 έτων, διαπνοή 212,0 κιλ/στά

" 405 " " " 35 " " 69,0 "

Περαιτέρω υπολόγισεν ούτος, ότι διά της διαπνοής:

ή Δρυς	απορροφά	25%	της βροχής
ή Πτελέα	"	43,5%	"
ή Σημύδα	"	40%	"

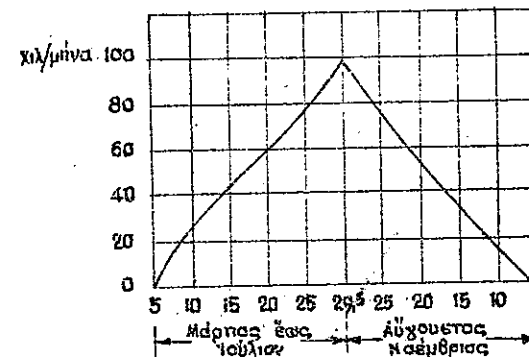
ένω έξ άλλου ό Wollny, έπί έξαιετών παρατηρήσεων υπελόγισεν ότι ή έλάτη απορροφά 37,9% και ή σημύδα 28% της βροχής, ένω αμφοτέρα τά

είδη ταύτα απορροφούν 33% κατά την περίοδον της αναπτύξεώς των.

Είναι εύνουντον ότι και αί τιμαί αύται εξαρτώνται εκ του έδάφους και των κλιματολογικών συνθηκών.

Ό Moyer (T.A.S.C.E 1915) δίδα μίαν κατά προσέγγισιν καμπύλην διά την εκτίμησιν της διαπνοής, εις ύψος βροχής συναρτήσει της μέσης τριμηνιαίας θερμοκρασίας, εις ύψος βροχής εκπεφρασμένα εις χιλιοστά ανά μήνα (Σχ.91).

Επί τη βάσει της καμπύλης ταύτης προέκυψαν αί ακόλουθοι τι-



μαί διαπνοής εις διαφόρους υδρολογικάς λεκάνας εν Αμερικη, εις επίσης ύψος βροχής.

Little Fork.....205 χιλ.

Minnesota.....260 "

St. Croix.....248 "

Tombigee.....510 "

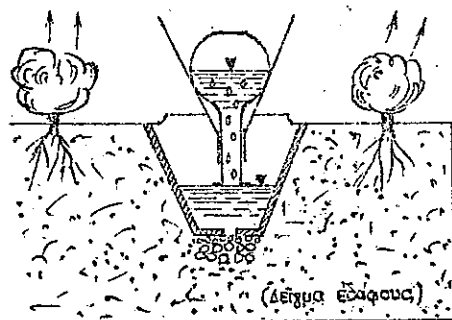
Περαιτέρω ό Harrington, διά διαφόρους καλλιέργειας εν Αμερικη υπολογίζει διά την θερμήν περίοδον (Μάιος μέχρι Σεπτεμβρίου) τας ακόλουθους

Σχ. 91: Διαπνοή εις χιλιοστά ανά μήνα (Meyer)

τιμας διαπνοής:

Διαπνοή εξάτμ. ύδατος	Διαπνοή βροχών
Δημητριακά :.....1.73	0.96
Δάση.....1.51	0.86
Μικτή κάλυψις.....1.44	0.75

Η μέτρησης της διαπνοής, μόνως, δεν είναι εύχερης. Είς τό σχήμα 92 διδεται ή συσκευή των Briggs και Schantz ήτις αποτελεεί μίαν από τας συσκευάς των φυτομέτρων (phytometers) διά την εκτίμησιν της διαπνοής.



Σχ. 92. Φυτόμετρον πρὸς μέτρησιν τῆς διαπνοῆς

σιον τοῦ ἐδάφους, μετὰ τὸ ἐλάχιστον ἀπολυόμενον ὑδῶρ διὰ τὴν αὐξησιν τῶν φυτῶν, ὡς καὶ μετὰ τὴν ἐξάτμισιν ἐνδεχομένου σταθείου ὑδάτος ἐπὶ τῶν ὑγρῶν ἢ τῆς τυχόν περὶ τοὺς χιόνος.

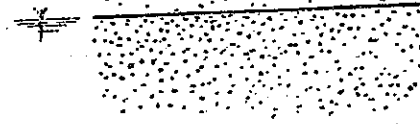
Τὸ σύνολον τῶν ποσοτήτων τούτων ὅπερ καλεῖται **ἀρδευτική κατανάλωσις** ἢ **ὡφέλιμος ὑδατοπαροχή** τῶν ἀρδευομένων ὄγρων (consumptive use) ἐκτιμᾶται διὰ εἰδικῶν συσκευῶν (Λυσίμετρα) οἵτινες ἐκτιμᾶται κατωτέρω (§ 4 ἐξάτμις τοῦ ἐδάφους), ἡ δὲ ἀναγκαζομένη ποσότης ἐκτιμᾶται ἀναλόγως τῆς θερμοκρασίας καὶ τῶν φυτῶν (βλ. κεφάλαιον VII).

3. Ἐξάτμις ὑδατίνων ἐπιφανειῶν.

α. Θεωρητικαὶ ἀπόψεις.

Ἡ ἀλλαγὴ τοῦ ὑδάτος ἐκ τῆς ὑγρᾶς εἰς τὴν ἀέριον κατάστασιν, ἥτοι ἡ ἐξάτμις ἀπαιτεῖ ἐνέργειαν χημικὴν ὡς: λανθάνουσα θερμότης ἐξάτμισης. Ἐφ' ὅσον κατὰ μῆκος τῶν ὁρίων τῆς ἐξατμιζομένης μάζης δὲν ὑπάρχει ἀπώλεια θερμότητος ἀλλοῦ πλην τῆς ὀφειλομένης εἰς τὴν ἐξάτμισιν, ἡ παρεχομένη τιμὴ ἐνέργειας μετὰ τὴν τιμὴν τῆς ἐξάτμισης.

Κινηματικῶς ἡ ἐξάτμις ἐμφανίζεται ὅταν ὁ ἀριθμὸς τῶν μορίων



Σχ. 93. Ἐξάτμις.

ἄτινα ἐκ τοῦ ὑγροῦ ὑιέρονται, διὰ τῆς χωριστικῆς ἐπιφανείας, εἰς τὸν περιβάλλοντα ἀέρα εἶναι μεγαλύτερος ἀπὸ τὰ μόρια ἄτινα ἐκ τοῦ ἀέρος εἰσέρχονται εἰς τὸ ὑγρὸν.

Ὁ ἀριθμὸς τῶν μορίων ἄτινα ἐγκαταλείπουν τὴν ὑγρὰν ἐπιφάνειαν

(μετὰ συσκευείας, λόγῳ τῶν ἐπιφανειακῶν τάσεων τοῦ ὑγροῦ) ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἐνέργειαν μετ' ἧς κινεῖται τὰ μόρια τοῦ ὑγροῦ ἢτοι ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν καὶ τὴν πίεσιν τῶν ὑδρατμῶν. Ἐξ ἄλλου τὰ μόρια τοῦ ἀέρος κινεῖται ἐπίσης βιαίως ἀνωθεν τῆς ἐπιφανείας, ὁ δὲ ἀριθμὸς τῶν εἰς τὸ ὑγρὸν διεισδύοντων μορίων δὲ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν ἀριθμὸν τῶν μορίων, τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ἀέρος, τὴν πίεσιν τῶν ἀτμῶν αὐτοῦ.

Ἐάν τὰ ἐξατμιζόμενα μόρια δὲν ἀπομακρύνονται ἀνωθεν τοῦ ὑγροῦ διὰ ἐπέλθῃ στιγμὴ ἰσορροπίας ἐνθα τὰ εἰσερχόμενα καὶ ἐξερχόμενα μόρια εἶναι τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ καὶ ἡ ἐξάτμις παύει. Τὰ μόρια ὅμως, συνιθῶς, ἀπομακρύνονται λόγῳ διαχυτικῆς (diffusion), ἀφ' ἑνός, ἥτις γινεται μέσῳ λεπτοῦ στρώματος ἀέρος, τοῦ ὁριακοῦ στρώματος (boundary layer), καὶ τοῦ στρωβιλλοειδοῦς (turbulence) ἀφ' ἑτέρου.

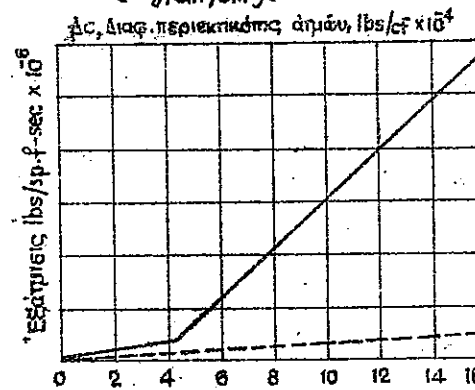
Ἡ μεταβολὴ γενικῶς τῆς θερμοκρασίας ἐξ ἄλλου προκαλεῖ δημιουργίαν ρευμάτων καὶ ἐφ' ὅσον νεὸς ἀήρ, διαφορετικοῦ βαθμοῦ καρμεμοῦ, πλησιάζει τὴν ἐπιφάνειαν ἐξατμισης, ἡ τιμὴ αὐτῆς μεταβάλλεται συνεχῶς καὶ ὁ θεωρητικὸς ὑπολογισμὸς ἀπαβαίνει ἀδύνατος.

Ὁ Hiccox, μελετῶν θεωρητικῶς καὶ πειραματικῶς τὴν ἐξάτμισιν προσεπιδόνησεν καὶ ἀπομονώσας τὰς ἐξωτερικὰς ἐπιρροὰς τοῦ ἀνέμου, τῆς μεταβολῆς τῆς ὑγρασίας, λοιπῶν ἐξωτερικῶν αἰτίων διὰ συσκευῆς εἰς κλειστὸν χῶρον μετὰ σταθερὰν θερμοκρασίαν καὶ καὶ παρακολούθησιν τὴν ἐξάτμισιν δι' ἐξαιρετικῶς λεπτῶν ὀπτικῶν συσκευῶν. Ἐκκι-

νών εκ της αρχής ότι η εξάτμιση είναι ανάλογον φαινόμενον με την ακτινοβολίαν της θερμότητας όπου: $dq = k \cdot \frac{\partial t}{\partial x} \cdot dA$ (ένθα q θερμίδες/δλν, k σταθερά αγωγιμότητας, θερμίδες/δλν·°C·cm², t θερμοκρασία και A επιφάνεια και x μήκος διαδρομής θερμοκρασίας), κατέστρωσαν διά την εξάτμιση τον τύπον:

$$d\omega = D_v \cdot \frac{\partial c}{\partial x} \cdot dA$$

ένθα ω τιμή ροής υδρατμών (kg/sec), D_v η διάλυσις (cm²/sec) c η περιεκτικότητα εις ατμούς (kg/cm³) και $\frac{\partial c}{\partial x}$ η πτώσις της περιεκτικότητας (kg/cm³/cm).



Επί τη βάσει των πειραμάτων κατέληξεν ούτος εις την γραφικήν παράστασιν του σχήματος 94 διδομένην, ανά δύο εσθείας με εξισώσεις:

$$W_A = 0,0045 \Delta c$$

$$W_A = -0,0000059 + 0,0183 \Delta c$$

ένθα εις αμερικανικάς μονά-

Σχ. 94. Εξάτμιση ευαρτήσεται Δc , Δc :

$$\begin{aligned} [W_A] & \text{ lbs/(ft}^2\text{)·sec} \\ [\Delta c] & \text{ lbs/(ft}^3\text{)} \end{aligned}$$

Τελικώς ο τύπος αυτού λαμβάνει την μορφήν

$$E \sim \Delta c \cdot \frac{1.25}{L} \cdot \frac{T^{0.875}}{p^{0.75}}$$

εις περίπτωσιν δε υπάρξεως ανέμου, εις τον τύπον:

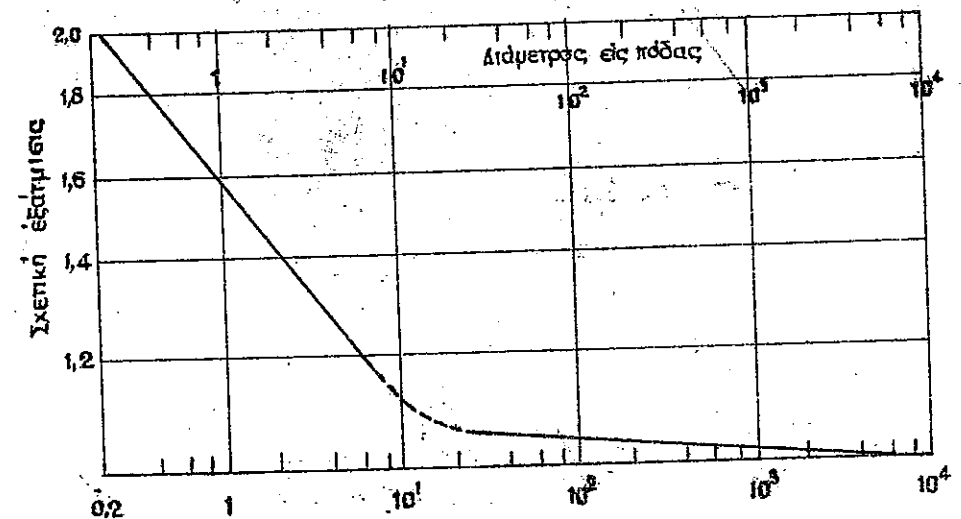
$$E \sim \Delta c \cdot \frac{0.375}{L} \cdot \frac{T^{0.75}}{p^{0.75}} \cdot V$$

όπου L διάμετρος εξετμιδομέτρου, εις πόδας

T απόλυτος θερμοκρασία ύδατος
 p βαρομετρ. πίεσις (p.s.f)
 V ταχύτης ανέμου (μίλλια ανά ώραν)
 C περιεκτικότης εις ατμούς
(lbs/ft³/ft)

Η εξάτμιση εξαρτάται εκ των ως άνω συντελεστών, της θερμοκρασίας του αέρος (υπηρερχομένης εις το c) το χρώμα του δοχείου και το ύψος των χειλέων αυτού από της επιφανείας του ύδατος (το τελευταίον τουτο λόγω των εκ των χειλέων εξαρτωμένων ετροβιλισμών).

Η διάμετρος του εξετμιδομέτρου επηρεάζει την τιμήν της εξετμίσεως και επί σειράν ετών απέτελεσεν σημαντικήν πηγήν σφαλμάτων εις την εκτίμησιν της εξετμίσεως. Ο Hiccox δίδει την επιρροήν ταύτην διά του σχήματος (95).



Σχ. 95. Εξάτμιση ευαρτήσεται (το 1/2 των διαστάσεων) διάμετρο του εξετμιδομέτρου.

Εκ των ανωτέρω εμφανίζεται η δυσκέρεια του θεωρητικού υπολογισμού της εξετμίσεως.

Ὡς εἶναι εὐνόητον οἱ μηχανικοὶ κατέφυγον ἐξ ὑπαρχῆς εἰς ἐμπειρικὴν μέτρησιν τῆς ἐξατμίσεως καὶ τὴν ἐξαγωγήν ἐμπειρικῶν τύπων ὑπολογισμοῦ αὐτῆς.

β. Ἐμπειρικοὶ τύποι.

Κατωτέρω δίδονται τινες ἐκ τῶν πλέον ἐν χρήσει ἐμπειρικῶν τύπων :

Τύπος Fitz Gerald (βραχύς τύπος).

$$E_h = \frac{(S - F_a)(1 + \frac{V}{2})}{60} \quad F_a = S - \frac{0,430(T_a - T_e)b}{689 - T_e}$$

ὅπου b, βαρομετρικὴ ἐτήλη, εἰς ἴντσας Hg

E, ἐξατμίσεις ἀνά ὥραν, εἰς ἴντσας

S, μεγίστη πίεσις ὑδρατμῶν, ἴντσας Hg, ἀντιχοῦσα εἰς θερμοκρασίαν ἐξατμιζομένου ὕδατος.

V ταχύτης ἀνέμου, μίλλια/ὥραν

T_a, θερμοκρασία ἀέρος, ξηροῦ θερμομέτρου, °C

T_e, " ἐξατμίσεως, ὑγροῦ θερμομέτρου, °C,

F_a, πίεσις ἀτμοσφ. ὑδρατμῶν, ἴντσας Hg.

Τύπος τοῦ Dalton

$$E_h = 1,80 c \times S \left(\frac{1-d}{b} \right)$$

ἐνθα E_h, b, ὡς ἀνωτέρω, d, σχετικὴ ὑγρασία, τῆς ἀτμοσφαίρας εἰς ὑδρατμούς C, ἐμπειρικὴ σταθερά, ἐξαρτωμένη ἐκ τῆς κυκλοφορίας τοῦ ἀνέμου, ὡς ἀκολουθῶς

διὰ νηνερίαν c = 0,55

δι' ἐλαφρὸν ἄνεμον c = 0,71

διὰ εφοδρὸν ἄνεμον c = 0,86

Ἡ μεγίστη πίεσις ὑδρατμῶν S, δίδεται εἰς πίνακα (βλ. πίνακα εἰς κεφ. I, § B, 5.1 περί ὑγρασίας).

Δι' ἐλαφρὸν ἄνεμον, θερμοκρασίας 50°F (10°C), b = 29,53" καὶ

d = 60% λαμβάνομεν :

$$E_h = 1,80 \times 0,71 \times 0,36 \frac{(1-0,6)}{29,53} = 0,0062 \text{ ἴντσες/ὥραν}$$

Ἐκ τοῦ τύπου τοῦ Dalton, διὰ βαρομετρικὴν πίεσιν 29,92" ἔχομεν :

διὰ θερμ. : 25 20 12 5 2,5 -2

ἐτησίαν ἐξατμίειν : 2660 1965 1180 738 630 452 χιλιοστά

Τύπος τοῦ Meyer

$$E_m = 15 S (1-d) \left(1 + \frac{V}{10} \right)$$

ἐνθα E ἴντσες ἀνά μῆνα

S, d, V ὡς ἀνωτέρω

Τύπος τοῦ Vermeule

Ὁ Vermeule, δίδει τὴν μέσνη μηνιαίαν ἐξατμίειν, εἰς ἴντσας, συναρτήσας τοῦ μηνιαίου ὕψους βροχῆς r (ἴντσες) καὶ τῆς μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας t εἰς βαθμοὺς °F, διὰ τῆς συναρτήσεως $f = (0,05t - 1,48)$ ὡς ἀκολουθῶς :

Ἰαν. $e = f (0,27 + 0,10 r)$

Ἰουλ. $e = f (3,0 + 0,30 r)$

Φεβρ. $e = f (0,30 + 0,10 r)$

Αὐγ. $e = f (2,65 + 0,25 r)$

Μαρτ. $e = f (0,48 + 0,10 r)$

Σεπτ. $e = f (1,63 + 0,20 r)$

Ἀπρίλ. $e = f (0,87 + 0,10 r)$

Ὀκτ. $e = f (0,88 + 0,12 r)$

Μαῖος $e = f (1,87 + 0,10 r)$

Νοέμβ. $e = f (0,66 + 0,10 r)$

Ἰούν. $e = f (2,50 + 0,25 r)$

Δεκ. $e = f (0,42 + 0,20 r)$

Δίδει δὲ οὗτος ὁμοίως τὴν ἐτησίαν ἐξατμίειν διὰ τοῦ τύπου :

$$E = (0,05 T - 1,48) (15,50 + 0,16 R)$$

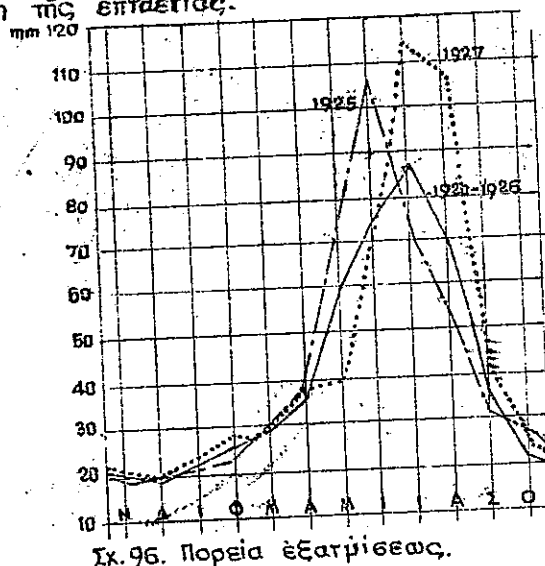
ἐνθα T, R μέσαι ἐπίσκι τιμαὶ θερμοκρασίας (°F), βροχῆς (ἴντσες).

γ. Παρατηρούμενα μεγέθη.

Ἡ ἐξατμίσις εἰς μηνιαία ὕψη (χιλιοστά) παρίσταται αὐτῶς

γραφικῶς καὶ συναρτήσει τῆς ἀντιστοίχου μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας.

Εἰς τὸ ἐκῆμα 96 δίδεται ἡ μέση ἐξατμίσις ἐπταετῶν παρατηρήσεων εἰς Hattmergrund, ὡς καὶ ἡ μέγιστη καὶ ἐλάχιστη καμπύλη τῆς ἐπταετίας.



Ἡ ὀλική ἐπταετία ἐξατμίσις κυμαίνεται ἀναλόγως τοῦ κλίματος.

Διὰ τὴν κεντρικὴν Εὐρώπην ὑπολογίζεται συνήθως εἰς 1000 χιλιοστὰ ἐξ ὧν 74% τὸ θερικόν καὶ 26% τὸ χειμερινόν ἐξάμνηνον.

Εἰς τὴν Ἑλβετίαν δὲ ὕψη κάτω τῶν 1000 μ. ἡ ἐξατμίσις ὑπολογίζεται εἰς

900 κιλ. (67% θερικόν - 33% χειμερινόν ἐξάμνηνον), δὲ ὕψη δὲ ἄνω τῶν 2000 μ. ἡ ἐξατμίσις ὑπολογίζεται εἰς 500 κιλ. (80% + 20%).

Εἰς τὴν Ἑλλάδα, αἱ πραγματικαὶ παρατηρηθεῖσαι τιμαὶ εἰς τὴν λίμνην Μαραθῶνος, παρουσίασαν μέσον ὅρον 1027,20 διὰ τὰ ἔτη 1933-1934.

Εἰς τὰς Ἀθήνας αἱ τιμαὶ, εἰς ἐξατμιδόμετρον, ἦσαν πολὺ μεγαλύτεραι καὶ δὴ συμφώνως πρὸς τὸν ἀκόλουθον πίνακα.

Ἀθῆναι	1909	1617,8	'14	1468,5	19	1439,8	'24	1302,0
	10	1450,3	'15	1532,5	20	1372,3	'25	1455,7
	11	1466,1	'16	1570,1	21	1422,4	'26	1478,3
	12	1482,9	'17	1580,3	22	1585,4		
	13	1454,8	'18	1499,4	23	1569,6		

Αἱ μέγιστα καὶ ἐλάχιστα μηνιαῖα τιμαὶ εἶχον ὡς ἀκολουθῶς:

		Μέγισται		Ελάχισται
1909	Ἰούνιος	309,3	Φεβρουάριος	46,4
1910	Ἰούλιος	246,6	"	43,2
1911	"	215,2	Δεκέμβριος	57,9
1912	"	228,8	Ἰαν. Φεβρ.	55,3
1913	"	218,6	Φεβρουάριος	45,8
1914	Αύγουστ.	216,1	Ἰανουάριος-Δεκέμ.	58,3
1915	Ἰούλιος	223,5	Δεκέμβρ.	59,8
1916	"	267,8	"	61,3
1917	Αύγουστ.	262,1	"	50,0
1918	Ἰούλιος	223,7	"	54,3
1919	"	231,5	Ἰανουάρι.	48,3
1920	"	239,8	Δεκέμβριος	49,9
1921	"	251,9	Φεβρ.	49,0
1922	Αύγουστ.	253,4	Δεκέμβρ.	50,4

Εἰς τὸν ἀκόλουθον πίνακα δίδονται αἱ τιμαὶ ἐξατμίσεως εἰς λίμνην Μαραθῶνος:

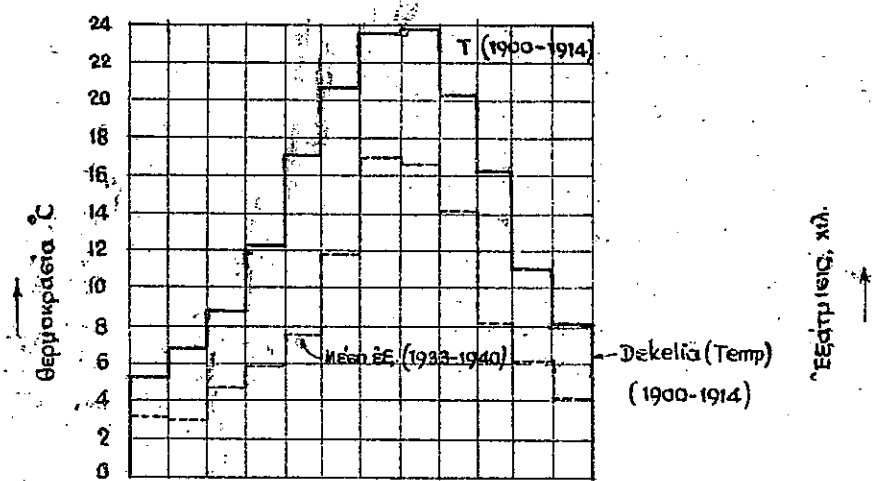
Εἰς τὸ ἐκῆμα 96α δίδονται αἱ μέσαι μηνιαῖαι τιμαὶ θερμοκρασίας εἰς Λεκέλειαν (1900-1914) καὶ αἱ μέσαι μηνιαῖαι τιμαὶ ἐξατμίσεως εἰς Μαραθῶνα.

Εἰδικῶς διὰ τὰς χιόνους, ἐνδιαφέρει πλὴν τῆς ἐξατμίσεως καὶ ἡ τῆξις αὐτῶν.

Ἡ τῆξις χιόνου ἐκτιμᾶται εἰς ἰσοδύναμον ὕψος ὕδατος, μεταβάλλεται δὲ καὶ αὕτη μετὰ τῆς θερμοκρασίας καὶ τοῦ πνέοντος ἀνέμου, ὡς ἐμφαίνεται εἰς τὸ ἐκῆμα (97) καὶ διδομένου ὑπὸ τοῦ Wilson. Περαιτέρω ἐρευνᾶται ἡ τῆξις χιόνου, συναρτήσει τῆς σχετικῆς ὑγρασίας τῆς πιπτούσης βροχῆς, τῆς ἡλιοφαιάς καὶ δίδονται ἀνάλογα διαγράμματα.

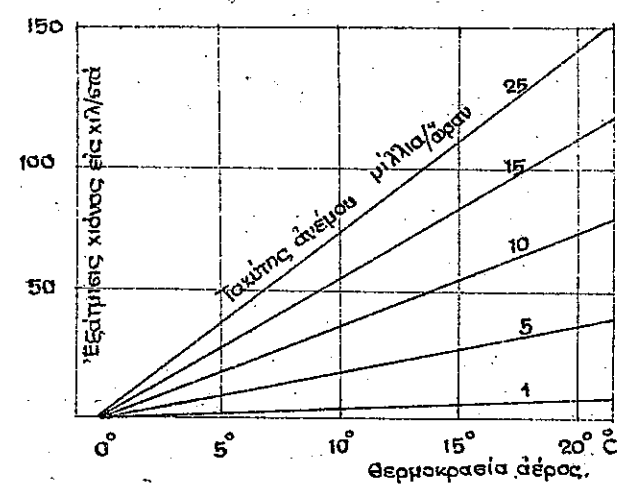
Πραγματική εξάτμιση ύδατος ες λίμνην Μαραθώνα
κατά τὰ ἔτη 1933-1940.

	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941	1933-1940
Ἰανουάριος.....	42.5	38.1	48.9	24.1	27.1	32.8	30.2	23.2	32.6	33.4
Φεβρουάριος...	30.8	26.5	50.9	31.1	26.6	23.0	25.6	25.6	33.5	30.0
Μάρτιος.....	50.9	33.5	51.0	66.1	63.5	45.5	43.8	43.2	47.7	49.7
Ἀπρίλιος.....	56.7	70.5	58.0	63.1	70.6	50.0	60.9	46.9	57.0	59.6
Μάιος.....	70.7	78.4	57.3	83.7	97.6	78.7	76.5	55.5	75.4	74.8
Ἰούνιος.....	111.4	97.2	164.5	123.4	158.6	126.5	91.5	95.3	115.3	118.55
Ἰούλιος.....	163.7	151.5	155.0	190.1	188.2	187.9	168.6	145.5	168.81	168.81
Αὐγούστος.....	171.4	169.5	170.3	201.7	171.4	157.1	146.5	136.9	141.50	141.50
Σεπτέμβριος...	134.3	143.4	152.6	147.8	136.9	155.8	131.9	129.0	81.08	81.08
Ὀκτώβριος.....	61.1	83.8	98.1	65.1	83.0	78.0	97.3	82.2	60.73	60.73
Νοέμβριος.....	63.8	56.2	68.9	63.5	48.7	71.8	51.9	56.0	41.50	41.50
Δεκέμβριος.....	37.3	39.0	48.5	47.3	46.7	42.6	37.8	32.9	Σ 1024.27	1024.27
Σύνολον	999.6	987.6	1124.0	1107.0	1118.9	1049.7	962.5	872.2	Σ 1027.70	1027.70



Ι Φ Μ Α Μ Ι Ι Α Σ Ο Ν Α

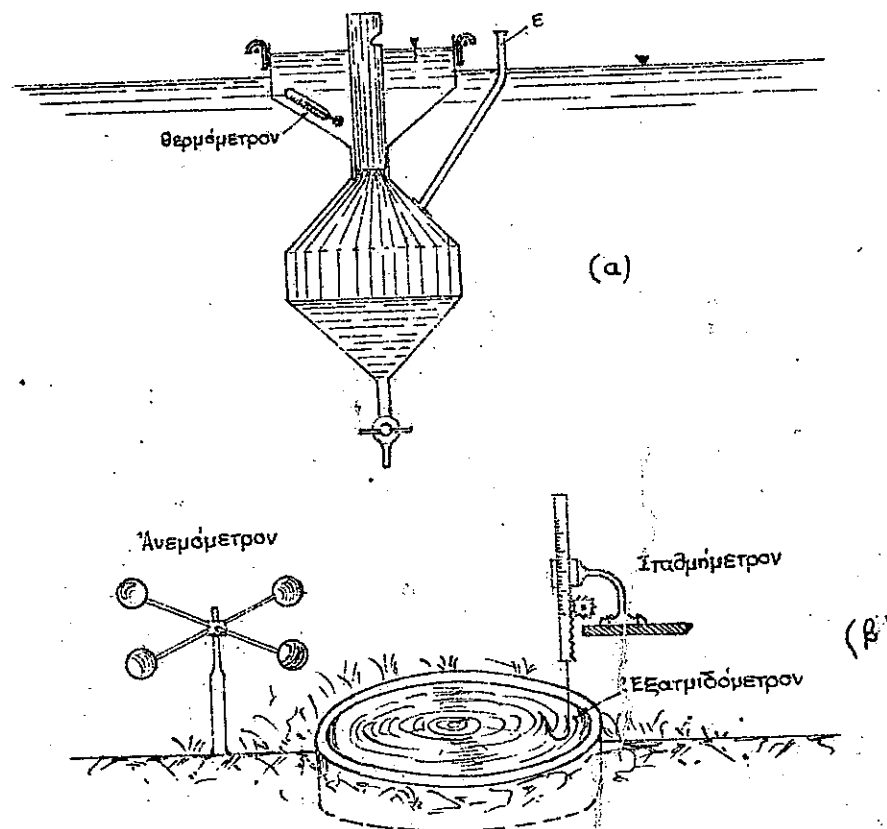
Σχ. 96α. — Μέσαι μηνιαία θερμοκρασίαι ες Λεκέλειον (1900-1914)
 - - - - - Εξάτμισεις ες Μαραθώνα (1933-1940)



Σχ. 97. Έξάτμισης χιόνος.

Ἡ μέτρησης τῆς ἐξάτμισης γίνεται διὰ τῶν ἐξατμιδομέτρων. Ταῦτα συνηθῶς ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἀβαθὴ δοχεῖα πληροῦμενα ὕδατος, ὡπίνου, ἢ ἐλαττωεῖς κατ' ὕψος παρακολουθεῖται συνεχῶς διὰ σταθμημέτρων ἀκριβοῦς. Παρὰ τὸ ἐξατμιδομέτρον τοποθετεῖται θερμόμετρον

ἀέρος καὶ ὕδατος καὶ ἀνεμόμετρον. Συνιστᾶται ἡ ἐριοθέτησις τοῦ ὄργανου νὰ γίνεται εἰς ἀπρόσβρισαν εὐναφὴν μετ' ἐκείνην τῆς φυσικῆς κατεύθυνσεως, οἷον ζυγίται ἡ τιμὴ τῆς ἐξάτμισεως.



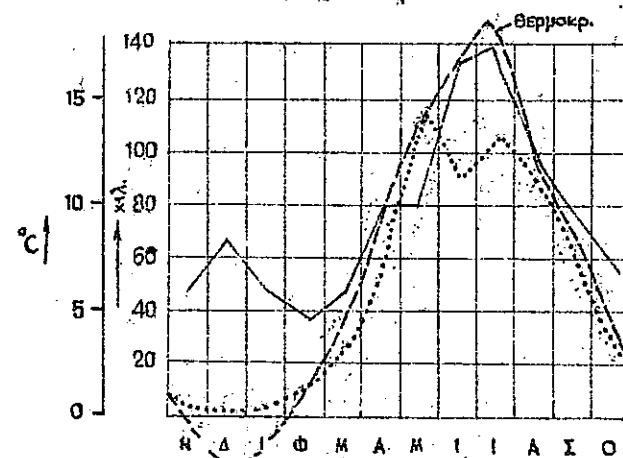
Σχ. 98. Έξατμιδόμετρα επί υγρᾶς ἐπιφανείας (α) καὶ ἐπὶ τοῦ ἐδάφους (β).

4. ΈΞΑΤΜΙΣΙΣ τοῦ ἐδάφους.

Ἡ ἐξάτμισις τοῦ ἐδάφους ἀποτελεῖ μίαν τῶν σοβαρωτέρων ἀπώλειῶν τοῦ πίνοντος ὕδατος τῆς βροχῆς, ὑπερβαίνουσα πλείστας ἐποχὰς τοῦ ἔτους αὐτὴν ταύτην τὴν βροχὴν καὶ προφοδοτουμένην ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει ἀπὸ τῆς ἐν τῷ ἐδάφει ἀποθηκευομένης ποσότητος ὕδατος ἢ ὑγρασίας. Τοιοῦτοτρόπως ἐμφανίζεται τὸ γνωστὸν φαινόμενον ὅτι βροχαὶ πίπτουσαι ἐπὶ λεκάνης ἀπορροῆς ρεύματος κατόπιν περὶ τοῦ ἀνομβρίας δὲν ἀποδίδουν ἀπορροήν τινα τοῦ ρεύματος.

Εἰς τὸ Σχῆμα 98 δίδεται ἡ πορεία τῆς βροχῆς, τῆς ἐξατμί-

σεως τοῦ ἐδάφους καὶ τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἀέρος εἰς σταθμὸν τοῦ Μονάχου, ἔνθα δεῖκνυται ὅτι τὸ ὕψος ἐξατμίσεως κατὰ τοὺς μήνας Μάϊον ἦτο μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντίστοιχον ὕψος βροχῆς. Ὡς ἐμ-



Σχ. 99. Θερμοκρασία / βροχὴ καὶ ἐξάτμισις ἐδάφους.

φαίνεται δὲ καὶ ἐκ τοῦ σχήματος ἡ διανομὴ τῆς βροχῆς ἐκεῖ εἶναι ἡπειρωτικοῦ τύπου, ἥτοι ἔχει τὰ μέγιστα αὐτῆς κατὰ τοὺς θερικοὺς μήνας.

Ἡ ἐξάτμισις τοῦ ὕδατος τοῦ ἐδάφους ἐξαρτᾶται κατ' ἀρχὴν ἀπὸ τοὺς αὐτοὺς παράγοντας τῆς τοῦ ὕδατος, ἥτοι

ἀτμ. πίεσιν, ὑγρασίαν, θερμοκρασίαν καὶ ἀνέμους. Ἐπὶ πλέον ὅμως διὰ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν κάλυψιν τοῦ ἐδάφους ἐκ κλιμαθῶς ἢ ξηρᾶς φυτείας, ἀπὸ τὴν ἐνδομὴν τῶν ὑπογείων ὑδάτων ὡς ἐπίσης καὶ ἐκ τῆς ευστάσεως αὐτοῦ τοῦτο τοῦ ἐδάφους. Τέλος ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τοῦ χρώματος τοῦ ἐδάφους (ἐμμεσος ἐπιρροή τῆς θερμοκρασίας).

Οὕτω εἰς γυμνά ἐδάφη ἡ ἐξάτμισις ἀνέρχεται κατὰ μέσον ὅρον ἐπείως εἰς 50% περίπου τῆς βροχῆς, κυμαινομένη ἀναλόγως τῆς ευστάσεως τοῦ ἐδάφους ἥτοι:

εἰς ἀμμόδη ἐδάφη 33,6% εἰς ἀργιλλώδη ἐδάφη 51%

Ἡ αὐξησις ἐξατμίσεως εἰς λεπτοκόκκα ἐδάφη ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι ταῦτα εὐκράτου ὑδατος περισσότερο ὕδατος εἰς τὴν ἐπιφάνειαν (πλέον ἀδιαπέρατα) ἐκτὸς ἐκ παραλλήλου παρουσιάζουσιν μεγαλύτεραν ἐπιφάνειαν ἐξατμίσεως. (Διὰ τὸν αὐτὸν ὅγκον ἡ ἐπιφάνειαν προβολῆς, παρουσιάζουσιν λόγῳ μεγαλύτερου πληθους κόκκων μεγαλύτερον εὐνο-

λουν ἐπιφανειῶν τῶν καθ' ἑκάστον κόκκων).

Εἰς τὰ δάση ἡ ἐξατμίσις τοῦ ἔδαφους εἶναι πολὺ μικροτέρα. Κατὰ τὸν Neug ἡ ἐξατμίσις εἶχεν ὡς ἑξῆς:

	Μέση ποσότης	Ἄνευ τήκετος
εἰς θαμνώδη δάση	6%	15%
εἰς δάση πεύκων	15%	24%
" " ἐλάτης	8%	19.5%

Οὕτω, ἡ ἐξατμίσις τοῦ ἔδαφους εἶναι πολὺ μεγαλύτερα (2-2½ φορὰς) εἰς κατὰ τὸν Meyer, ἀναπεπταμένα ἔδαφη ἢ εἰς τὰ δάση, συμφώνως πρὸς τὰς ὑπ' αὐτῷ διδομένας, ἀκολουθοῦς **ε x ε τ ι κ ἄς** τιμὰς:

Γυμνὸν ἔδαφος.....	1,00	
Δημητριακά.....	0,80	δρατὰ δάση.....0,60
Λειμῶνες.....	0,70	πυκνὰ δάση.....0,20 - 0,40

Ὁμοίως εἰς Γενεύην (Νέα Ὑόρκη) παρατηρήθησαν αἱ ἀκόλουθοι τιμαὶ (πενταετείς παρατηρήσεις):

διὰ βροχὴν: 600 κιλ.

Ἐξατμίσις γυμνοῦ ἔδαφους 425 κιλ.

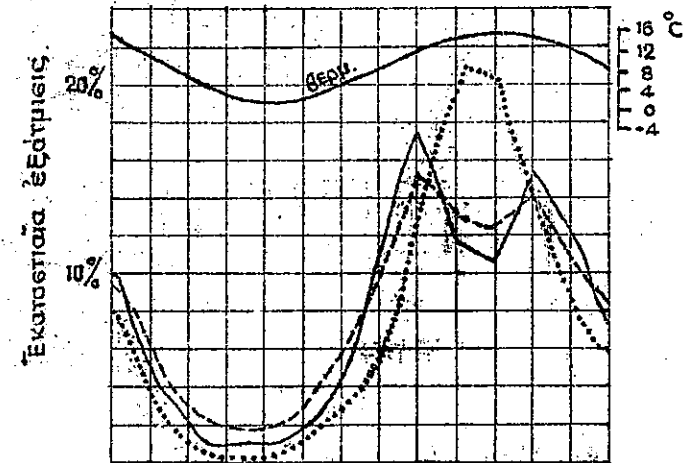
καλλιερχομ. " 385 "

Ἐξ ἄλλου εἰς Rothamstead (Ἀγγλία) αἱ μέσαι καὶ ἀκραῖαι τιμαὶ ἐπὶ 15 ἐτίαν εἶχον ὡς ἑξῆς:

	Μέση	Μεγίστη	Ἐλαχίστη
Βροχὴ: κιλ.....	650 κιλ.	940	400
Ἐξατμίσις: κιλ., φυσικὰ κέρματα.....	460	620	310
ἀμώδη ἔδαφος.....	108	230	45
ὕδατιν ἐπιφάνεια.....	525	680	440

Εἰς τὸ ἐκῆμα 100 ἐμφαίνεται ἡ μηνιαία πορεία τῆς ἐξατμίσεως

εἰς Eberswalde (Γερμανίας) μετὰ κάλυψιν ἀπὸ λειμῶνας μετὰ ὑψηλὴν καὶ χαμηλὴν στάθμην τῶν ὑπογείων ὑδάτων, ὡς καὶ εἰς περιπτώσειν ἔδαφῶν ἄνευ ὑπογείων ὑδάτων κακαλυμμένων διὰ κέδρων (Friedrich).



..... λειμῶνες μετὰ ὑψηλὴν στάθμην γ.γ.
 ————— " χαμηλὴν στάθμην γ.γ.
 - - - - - κάλυψις διὰ κέδρων.

Σχ.100. Μηνιαία ἐξατμίσις ἀναλογία ἔδαφους.

Σύγκρισιν τῆς ἐξατμίσεως τοῦ ἔδαφους πρὸς ἐξατμίσειν ἐλευθέρας ὑδατίνης ἐπιφανείας δίδει ὁ ἀκόλουθος πίναξ ἀποτελεσμάτων εἰς Herminston (Ore).

	ἔδαφος	ὕδωρ
1916.....	308 κιλ.	980 (Μαρτ.-Νοεμβ.)
1917.....	500 "	1000 (Ἀπρ.-Ὀκτ.)
1918.....	550 "	1040 (Μαρ.-Ὀκτ.)
1919.....	600 "	1090 (" ")

Ἡ ἐπιρροή τῆς στάθμης τῶν ὑπογείων ὑδάτων (βλ καὶ σχ.100) ἐρευνήθησα ὑπὸ τοῦ King, εἰς ἀμώδη ἔδαφος, ἔδωκεν:

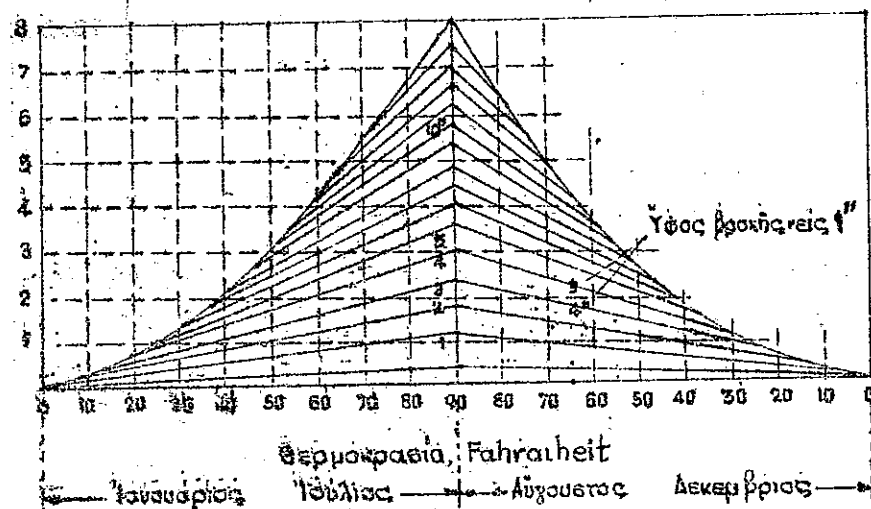
(φ 10)

Διά ύψος του τριχοειδούς θυσάνου: 30.εκ: Ύψος 2,8 κιλ/ήμ.
 45 " " " 2,0 "
 60 " " " 0,88 "

Η σχετική έπρροή της εξατμίσσεως του εδάφους υπό του χρόματος, επηρεάζοντος την απώρριψιν της θερμοκρασίας, δίδεται ως ακόλουθος:

Λευκά κίτρινα καστανά φαιά μαύρα Έδαφος
 1,0 1,97 1,19 1,25 1,32 Σχετική εξατμίσσις

Ο Meyer δίδει διάγραμμα (βλ.εκ. 101) διά του οποίου καθορίζεται, κατά προσέγγισιν, η μηνιαία εξατμίσσις του εδάφους συναρτήσει της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας και της κατά τον μήνα πεσούσης βροχής.



Εκ. 101. Κατά προσέγγισιν εκτίμησις εξατμίσσεως εδάφους (Meyer).

Κατωτέρω δίδεται πίναξ τιμών δια την εξατμίσιν και διείσδυσιν της βροχής εις άμμοδη έδαφος ως ταύτα προσέκυψαν εκ πειραμάτων γενομένων εις Umatilla (Oregon) διά θ υ σ ι μ έ τ ρ ω ν (βλ. κατωτέρω).

Συγκρίσεις εξατμίσσεως εδάφους και διείσδυσεως.

Umatilla Field Station, Hermiston Ore.

(Άμμοδες εδάφος. Lysimeter (1,10 x 1,80)).

Μήν	Μέση Μηνιαία βροχή 1870-1890	Εξατμίσσις			Διείσδυσις εις βάθος 1,50μ.		
		Μέση εις ίντσες	% του όλικού έτησιου	% της μηνιαίας βροχής	Μέση εις ίντσες	% του όλικού έτησιου	% μηνιαίας βροχής.
Ιαν.	2.51	0.45	2.7	17.9	2.06	15.2	82.1
Φεβρ.	2.04	0.60	3.6	29.4	1.44	10.4	73.6
Μάρτ.	1.74	0.86	5.3	50.6	0.86	6.3	49.4
Απριλ.	2.21	1.58	9.2	69.2	0.68	5.0	30.8
Μάιος	2.28	1.69	10.1	74.2	0.59	4.3	25.8
Ιούν.	2.52	1.92	11.5	76.2	0.60	4.4	23.8
Ιουλ.	3.08	2.26	13.6	74.6	0.77	5.7	25.4
Αύγουσ.	2.45	1.95	11.6	79.6	0.50	3.7	20.4
Σεπτ.	2.86	2.11	12.6	73.8	0.75	5.5	26.2
Οκτ.	3.20	1.70	10.2	53.1	1.50	11.1	46.9
Νοέμ.	3.03	0.98	5.9	32.3	2.05	15.1	67.7
Δεκεμ.	2.42	0.61	3.7	25.2	1.81	13.3	74.8
Έτος	30.29	16.68	100.00	55.1	13.61	100.0	44.9

Είς καλλιεργούμενα έδαφη η εξατμίσσις του εδάφους και η διαπνοή των φυτών, ως ελέχθη ήδη, μετρούνται άδραιοετικώς διά της άρδευτικής κατανάλωσεως (ή άφελίμου ύδατος παροχής, ός άνατέρφ έλέχθη). Ο ύπολογισμός αυτής εγένετο εις πλείετας άρδευόμενας έκτάσεις και χρησιμοποιείται πλήθος πρακτικών αριθμών προς

υπολογισμών αυτών.

Εκ τής πείρας καί των παρατηρήσεων προέκυψεν εὖν τῇ χρόνῳ ὅτι ἡ ἔπαια ἀρδευτική κατανάλωσις, δι' ἑκάστον φυτόν, εἶναι ἀνί-
λογος τοῦ εἴδους τοῦ φυτοῦ καί τῆς διακυμάνσεως τῆς θερμοκρα-
σίας κατὰ τὴν αὐτὴν περίοδον.

Οὕτω ἐξώδη κατ' ἀρχὴν ὁ τύπος τοῦ Hedke ὅπου ἡ ἡμερησία
ῥοδέλιμος ὑδατοπαροχή εἰς ἴντες δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου.

$$U_c = 0,0004 \cdot H$$

ἔνθα H τὸ γινόμενον ἡμερῶν-βαθμῶν θερμοκρασίας τῆς ἀναπτύ-
ξεως τοῦ φυτοῦ.

Ὡς θερμοκρασία ἑκάστης ἡμέρας λαμβάνεται τὸ μέγιστον τῆς
ἡμέρας, ἐξ οὗ ἀφαιρεῖται ἡ ἐλάχιστη θερμοκρασία δι' ἣν δύναται
ν' ἀναπτυχθῇ τὸ φυτόν. (Οἱ βαθμοὶ εἰς Fahrenheit).

Περαιτέρω οἱ Johnson καί Lowry ἔδωσαν τὸν τύπον:

$$U_c = 0,00015 H + 0,9$$

ἔνθα τὸ γινόμενον H ὑπολογίζεται εἰς βαθμούς θερμοκρα-
σίας ($U = 0,019 Q + 290$ (χιλιεστὰ u , ἐτησίως Q εἰς $^{\circ}C$)) προκύπτουτας
δι' ἀφαιρέσεως ἐκ τῆς μεγίστης θερμοκρασίας ($^{\circ}F$) τῆς θερμοκρα-
σίας παγετοῦ ($F = 32^{\circ}$ ἢτοι $^{\circ}C = 32^{\circ}$). Τέλος οἱ Blaney καί Griddle δι-
δουν ἀνάλογον τύπον $U = K \cdot f$

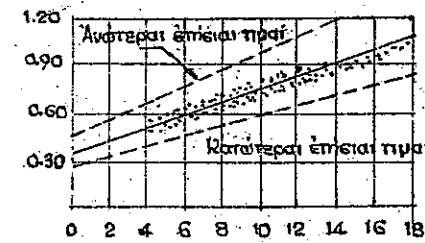
ἔνθα $f = \frac{t \cdot x \cdot p}{100}$ ὅπου t μέση μηνιαία θερμοκρασία τοῦ μηνός, καί
 p ποσοστὸν ὠρῶν θεωρητικῆς ἡλιοφάνειας
(ἀσκέτης νεφώσεως) ἑκάστου μηνός, ἐν ἐκείνῃ πρὸς τὴν ὀλικὴν θεω-
ρητικὴν ἡλιοφάνειαν τοῦ ἔτους.

Ὁ ἀνωτέρω τύπος τῶν Blaney and Griddle εἰς δεκαδικὰς μο-
νάδας καί βαθμούς $^{\circ}C$ δίδεται ὡς ἑξῆς:

$$Q = K \cdot \frac{32 + 1,8 t}{39,4} p$$

ἔνθα Q εἰς ἑκατοστὰ, t εἰς $^{\circ}C$, p τοῖς ἑκατόν (Ραλλήνσεκης).

Εἰς τὸ σχῆμα 102 δίδεται τὸ διὰγραμμα τοῦ τύπου Lowry



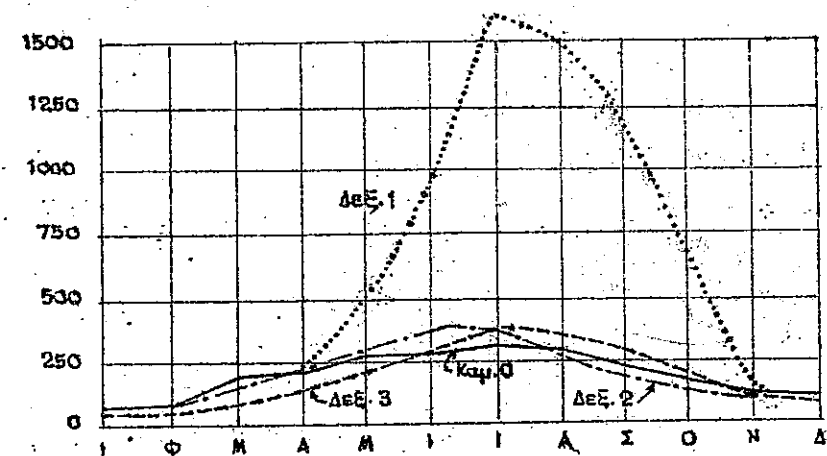
→ χιλιάδες βαθμοὶ-ἡμέραι

Σχ. 102

and Johnson εἰς ἑκατοστὰ ὑ-
δατος δι' ἀρδευτικὴν περίοδον
καί χιλιάδας βαθμῶν-ἡμερῶν (ἔν-
θα διὰ τὴν θερμοκρασίαν λαμ-
βάνεται τὸ μέγιστον ἡμερησίον
εἰς $^{\circ}F$, ἐξ οὗ ἀφαιρεῖται τὸ θη-
μεῖον παγετοῦ $F = 32^{\circ}$).

Διὰ τοῦ ἀνωτέρου τύπου

δυνάμεθα ὁδεῦν νὰ προσδιορίσω-
μεν τὸ ἄθροισμα τῶν ἀπωλειῶν ἐξατμίσεως καί διαπνοῆς τοῦ λά-
χιστου κατὰ τὸν χρόνον τῆς καλλιερχείας. Ὁ Blaney, πειραματιζό-
μενος εἰς ἀγρούς τῆς Καλιφορνίας, ἐντὸς εἰδικῶν δεξαμενῶν
(βλ. κατωτέρω σχῆμα 103) δίδει τὸ ἀκόλουθον διὰγραμμα μηνιαί-
ας μεταβολῆς τοῦ ὕψους ἀπωλειῶν (ἐξατμίσεως, διαπνοῆς καί ὁσμῆ
ἰσθῶν τῶν φυτῶν), εἰς σχῆμα 103. Ἐξ αὐτοῦ ἐμφαίνεται ὅτι εἰς
δύο πειράματα γινόμενα ἐντὸς δεξαμενῶν (δεξαμ. 2 καί 3) αἱ τινες
ἐποποθετηθῆσαν ἐντὸς τοῦ ὑπὸ ἐξέτασιν ἐδάφους καί ὑπὸ εὐνα-



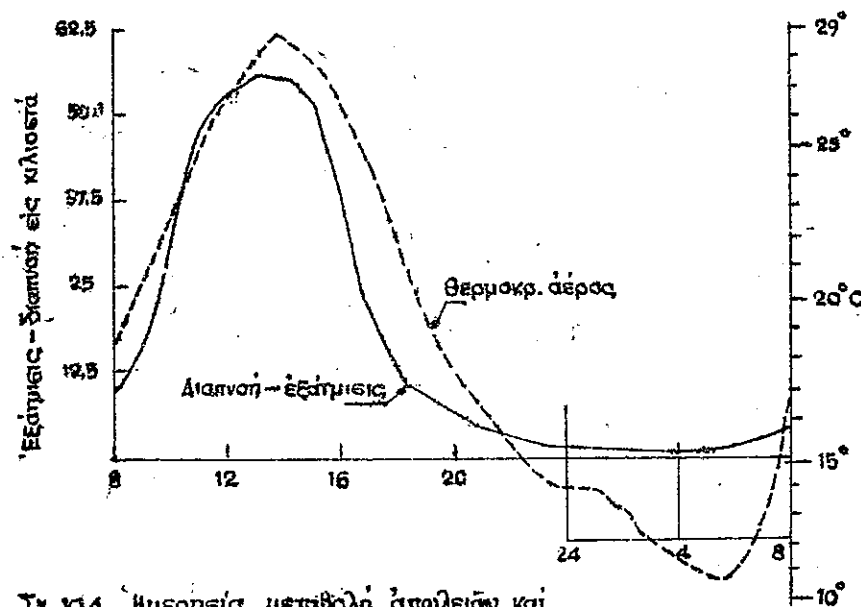
Σχ. 103. Ἀπώλεια εἰς δεξαμενὰς καί ἐξατμίσεις.

ἐξατμίσεις : Καμπύλη 0.

ἀπώλεια : Δεξαμενὴ 1, Δεξ. 2, Δεξ. 3.

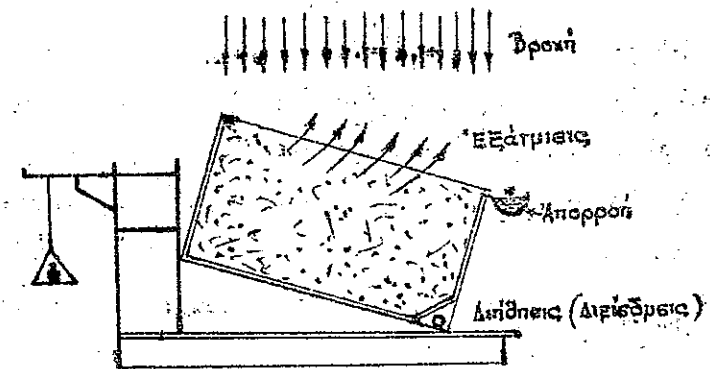
φείς, συνθήκας ή μηνιαία μεταβολή των απωλειών ελάχιστα διέφε-
ρουν κατά μέγεθος και αναλογίαν από την του γειτονικού εξαμιδο-
μέτρου (βλ. καμπύλη ο). Αντιθέτως πειράματα εις δεξαμενήν ι ήτοι
έκλειτο εις διάφορον περιβάλλον και δὴ ξηρόν και προσήνεμον, αἱ ἀπώ-
λειαι ἦσαν πολλαπλασιασται και δὴ ἀπὸ Μαΐου μέχρι και Ὀκτωβρίου. Ἐξ αὐ-
τοῦ ἀποδεικνύεται πρὸς προσεκτικὰ θεὸν νὰ γίνονται τὰ εἰρηκὰ πειράμα-
τα.

Εἰς τὸ σχ. 104 διδεται ἔξ ἄλλου ἡ ἡμερησία μεταβολή των απωλειών,
και πῶς θερμοκρασίας, ὧν ἡ συχέτις εἶναι ἐμφανής.



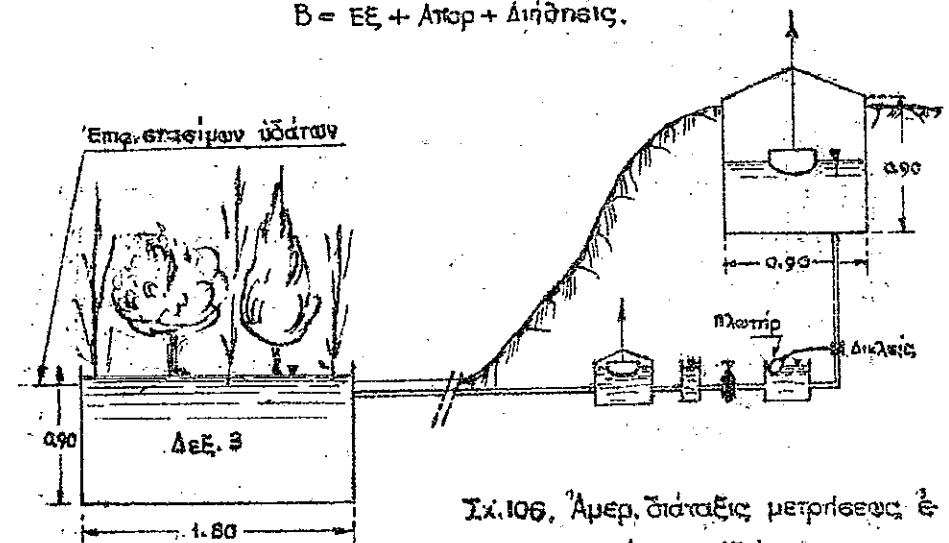
Σχ. 104. Ἡμερησία μεταβολή απωλειών και
θερμοκρασίας (Αὐγουστος 1931).

Ἡ μ έ τ ρ η σ ι ς πῶς ἔξάτμισης τοῦ ἔδαφους μετὰ ἡ ἄ-
νευ φυτείας, γίνεται εἰς τῶν λ ύ σ ι μ έ τ ρ ω ν. Εἰς τὸ σχῆμα (105)
ἐμφαίνεται μὲν τοιαύτη συσκευή κατασκευασμένη ἐπὶ ζυχοῦ μὲ διαφό-
ρους κλίσεις, και διακεσμένη διὰ τεκνητῆς ἡ φυσικῆς βροχῆς.



Σχ. 105. Βαυαρική συσκευή ἔξάτμισης ἔδαφους.

$$B = EE + Απορ + Διήθησις.$$



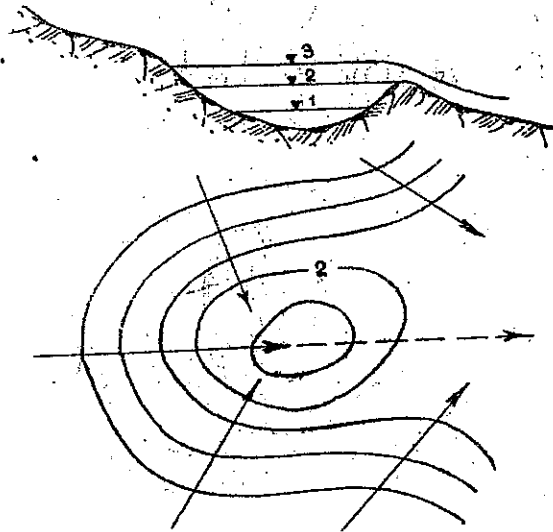
Σχ. 106. Ἀμερ. διάταξις μετρήσεως ἔ-
ξάτμισης ἔδαφους.

5. Παρακράτησις τοῦ ἔδαφους.

Κοιλότητες και ἀνωμαλίες τοῦ ἔδαφους παραλαμβάνουν εἴτε
ἀπ' αὐθαίρας μέρος, ἢ και ὄλην τὴν ἐπ' αὐτῶν πύπτουσαν βροχήν, εἴτε
τὴν ἀπορροήν μικρὰς εἰς αὐτὰς ἀναλογούσης λεκάνης ἀπορροῆς,
μετάναιοναι τοιοῦτοτρόπως τὴν ἀπορροήν τοῦ τελικοῦ ὑποδοχείου. Οὕτω
δημιουργοῦνται αἱ ἀπώλειαι παρακράτησεως τοῦ ἔδαφους. Τὸ παρακ-
τούμενον τοῦτο ὕδωρ ἡ διηγεῖται ἐντὸς τοῦ ἔδαφους ἢ ἔξάτμιζεται
και εἶναι ἐπομένως ἡ ποσότης αὐτοῦ συνάρτησις τῶν αὐτῶν τούτων

φαινόμενα:

Προκειμένων βροχών μεγάλης έντασης και μεγάλου ύψους, αι κοιλότητες πληρύνονται συνεχιζομένης της βροχής πέραν της σταδμης αὐτῶν (σταδμη 2 σχήματος 107) ὅποτε παύουσαι παρακρατοῦσαι πε-



Σχ. 107. Παρακράτησις κοιλότη-
τος ἔδαφους.

ραιτέρῳ ὕψος βροχής συνει-
σφέρουν εἰς τὴν γενικὴν
ἀπορροήν μετὰ τὴν ἐπὶ μέ-
ρους παρακράτησιν.

Αἱ κοιλότητες αὗται δύ-
ναιτο νὰ ἔχουσιν ἐκτάσεις κο-
μαιομένης ἀπὸ μερικά ἐκα-
τοστά τοῦ μέτρου μέχρι πηλ-
λῶν χιλιομέτρων (λίμναι,
κλείεται θάλασσα κ.λ.π.).

Γενικῶς ἡ ἰκανότης
πρὸς ἀποθήκευσιν τῶν συνή-
θων κοιλωμάτων ἐντὸς μιᾶς
λεκάνης εἶναι ἀντιτρόφος
ἀνάλογος της γενικῆς

κλίσεως τῶν κλιτύων της ἀπορροεύουσας ἐπιφανείας.

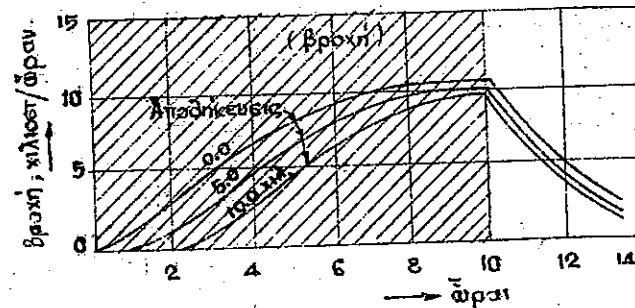
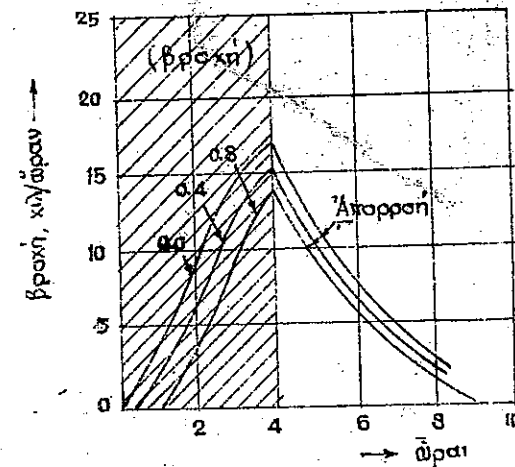
Ὁ ὑπὸ της λεκάνης ἀποθηκεύσεως, ὄγκου Ω , παρακρατοῦ-
μενος ὄγκος ἀπορροῆς V , διὰ καθαρὸν ὕψος βροχής h_0 (μετὰ τὴν ἀ-
φαίρεσιν τῶν προσγεγεσμένων ἀπολειψῶν) δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου:

$$V = \Omega (1 - e^{-kh_0})$$

ἐνθα k σταθερά. Ἐάν τὸ πρῶτον τμήμα τοῦ καθαροῦ ὕψους βροχής
 Δh_0 , πληροῖ τὴν κοιλότητα ὄγκου Ω , τότε $\frac{dV}{dh_0}$ τείνει πρὸς τὴν μονά-
δα, ἐνῶ τὸ h_0 εἶναι εἰσέτι ἐλάχιστον καὶ σχεδὸν ἴσον πρὸς τὸ
μηδέν. Τότε διαφορίζοντες τὴν ὡς ἄνω ἐξίσωσιν καὶ θέτοντες $\frac{dV}{dh_0} \rightarrow 1$
ἔστω $h_0 \sim 0$ εὐρίσκουμεν τὸ $k \sim \frac{1}{\Omega}$.

Ἡ παρακράτησις τοῦ ἔδαφους, ἐξαρτωμένη ἀπὸ τὴν τμήν
διηθήσεως καὶ ἐξατμίσεως, ἐπὶ β.ρ.α. δ. ὕ.ν.εἰ. τὴν περισεύου-
σαν ἐξ αὐτῆς ἀπορροήν κατὰ τὴν ἐλευθέραν ἀπορροήν πῶς ἐπὶ
τοῦ ἔδαφους.

Εἰς τὸ σχῆμα (108) ἐμφαίνεται ἡ ἐπίδρασις, ἣν θὰ ἔχη ἡ ἀπο-
θηκευομένη ποσότης ὕδατος ἐντὸς κοιλωμάτων (ὑπολογιζομένων ἀν-
τιστοίχως εἰς ὕψος βροχής 0,0—10,0—20,0 χιλιοστά) διὰ τὴν ἰδανί-
κην περίπτωσιν καὶ ἣν αἱ κοιλότητες πληρύνονται πρὸ της ἐμφανί-
σεως σιὰ εὐδότητος ἀπορροῆς καὶ ἡ διήθησις ἐντὸς τοῦ ἔδαφους εἶ-
ναι σταθερά κατὰ τὴν



Σχ. 108. Επίδρασις της παρακρατήσεως
ἐπὶ της ἀπορροῆς ἐπὶ τοῦ ἔδαφους.

διάρκειαν της βροχής.
Εἰς τὴν περίπτωσιν ἰσω-
ρᾶς διώρου βροχής αἱ
ἀπορροαὶ ἐπηρεάζονται
ὑπὸ τῶν κοιλοτήτων ἀρ-
κετὰ καὶ εἰς τὴν μεχι-
στην αὐτῶν τμήν.

Εἰς τὴν περίπτω-
σιν βροχής μακρᾶς
διαρκείας ἡ ἀποθήκευ-
σις ἐλάττωται ἐπηρεά-
ζει τὴν αἰχμὴν της ἀπορ-
ροῆς, ἐλαττώνει ὅμως
ἀρκούντως τὸν ὄγκον αὐ-
της (διαφορὰ ἐμβραδῶν
τῶν τριῶν καμπύλων ὡς
πρὸς τὸν ἄξονα τετμη-
μένων).

6. Συνδυασμός των απωλειών.

Ο R. Jon ανακεφαλαιώνει το σύνολον των απωλειών εις διαφοράς **δ α ε ω μ ε ν α ε** λεκάνας, δίδει τὸν ἀκόλουθον πίνακα:

I. Δάση με φυτικήν κάλυψιν:

	Παρακρ. φυτείας	Έξαιμ. έδάφους	Διάπνοή	Σ.	% βροχής
Δρύς	168	47	270	485	61.5
Πεύκη	284	72	77	388	48.5
Έλάτη	302	65	228	595	75.5
Μ.Ο.	295	60	192	487	61.9%

II. Δάση - χωρίς φυτικήν κάλυψιν:

	Παρακρ.	Έξαιμ. έδάφους	Διάπνοή	Σ.	% βροχής
Δρύς	118	118	270	506	64.1
Πεύκη	154	194	77	425	54.0
Έλάτη	252.5	152	227	641	81.6
Μ.Ο.	180	152	192	524	66.7

Ο ανωτέρω πίναξ αναφέρεται εις μέσον ὕψος βροχής 795 χιλιοστῶν.

Εἰς καλλιερχόμενα έδάφη αἱ ὀλικαί απώλειαι κατὰ τὸν Ney ἔχουν ὡς ἀκόλουθος:

διὰ βροχὴν ὕψους 795 χιλιοστῶν:

	χιλιοστά	% βροχής
Λειμώνες (ὑπερκειλιστικῆς ἀρδύσεως)	1040	132.1 (ἀρδευεῖς)
Πατάτες	335	42.9
Δημητριακά	635	80.0
Γενικῆς φύσεως καλλιέργειαι	485	61.5

Ἐξ ἄλλου ἡ εἰδική ἀπορροή (ἀνά km^2 λεκάνης) ποταμῶν ὑπὸ τρεῖς διαφορετικὰς συνθήκας καλύψεως τῆς λεκάνης, δίδονται ὑπὸ τοῦ Vertmeule ὡς ἀκόλουθος.

Παροχή εἰς κ.μ./ἡμέραν.

	Δασωμένη ἔκτα (Passaio)	Καλλιερχόμενη (Ranjan)	Γυμνή λεκάνη
Ἀπρίλιος	2270.0	2850.0	2400.0
Μαῖος	1140.0	1240.0	555.0
Ἰούνιος	1040.0	1040.0	530.0
Ἰούλιος	790.0	510.0	84.0
Αὐγустος	535.0	340.0	84.0
Σεπτέμβριος	530.0	330.0	87.0
Ὀκτώβριος	490.0	320.0	84.0
Νοέμβριος	480.0	350.0	87.0

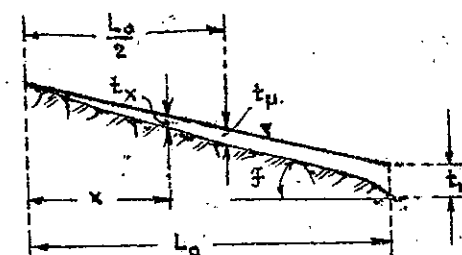
Ἐκ τοῦ πίνακος τούτου ἐμφαίνεται ἡ ἐνερχενική επίδρασις τῶν δασῶν εἰς τὴν ἀποφυγὴν πλημμυρῶν καὶ τὴν ἐξομάλυνσιν τῶν μεγάλων διαφορῶν τῶν ἐπιφανειακῶν ἀπορροῶν.

Γ. Ἐπιφανειακαί ἀπορροαί

Ἡ πληττοσα βροχή, μετὰ τῆς ἀνωτέρω, ἀναλόγως ἐκάστοτε τῶν τοπικῶν συνθηκῶν ἀπωλείας,

ῤεεῖ ἐπίφανειακῶς ἐπὶ τοῦ έδάφους ἢ διηδεῖται ἐντὸς αὐτοῦ. Διὰ νὰ ὑπάρξη ὁμως ῤοή ἢ ὕδατος, δεόν νὰ ὑπάρξη καὶ βάθος αὐτοῦ ἥτοι

Σχ. 109. Ροή ἐπὶ τοῦ έδάφους. Ὑπερρεῖς.



τό πάχος του ρέοντος στρώματος. Το υδραυλικόν τουτο βάθος, κατά τα γνωστά εκ της Υδραυλικής, θα εξαρτάται από την παροχήν του στρώματος (q) ήτις είναι και έμμέσως συνάρτησις της έντασεως της βροχής P_0 (μετά την αφαίρεσιν όλων των άπωλειών) και από την κλίσιν του έδάφους. Ούτω εις απόστασιν x από της άρχης λεκάνης, διά βροχήν $\epsilon \tau \alpha \theta \epsilon \rho \alpha \varsigma$ έντασεως P_0 η παροχή θα είναι διά μονάδα πλάτους ροής (βλ. εκ. 109)

$$q = x \cdot P_0 \quad (1)$$

Η ροή αυτή επί του έδάφους εξαρτάται και από την τραχύτητα του πυθμένος τουτέστιν του έδάφους. Διά $\epsilon \tau \rho \omega \pi \eta \nu$ (laminar) ροήν, εφαρμόζοντες τόν τύπον του Hagen-Poiseuille εύρισκομεν:

$$q = c t_p^3 \quad (2)$$

ένθα t_p τό μέσον βάθος επί της έπιφανείας, και C συντελεστής περιλαμβάνων την κλίσιν έδάφους και συνεκτικότητα του ύδατος.

Εις περίπτωσιν $\epsilon \tau \rho \omega \beta \iota \lambda \alpha \epsilon \iota \delta \alpha \upsilon \varsigma$ (turbulent) ροής, η ταχύτης είναι $v = \frac{1}{n} t_p^{2/3} \cdot 3^{1/2}$ (ένθα έδω τίθεται $R=t$, έφ' όσον υφίσταται ροή έξαιρετικού πλάτους) και η παροχή τότε θα είναι ανά τρέχον μέτρον,

$$q = v \cdot t = q = b \cdot t_p^{5/3} \quad (3)$$

ένθα b συντελεστής περιλαμβάνων την κλίσιν και την τραχύτητα του έδάφους.

Γενικώς όθεν αι έξισώσεις (2) και (3) λαμβάνουσιν την μορφήν:

$$q = k \cdot t^m \quad (4)$$

Τά όρια έδω, μεταξύ $\epsilon \tau \rho \omega \pi \eta \varsigma$ και $\epsilon \tau \rho \omega \beta \iota \lambda \alpha \epsilon \iota \delta \alpha \upsilon \varsigma$ ροής δίδονται διά του αριθμού Reynolds $\frac{vd}{\nu}$, ένθα όμως αντί v τίθεται η έντασις της βροχής εις χιλιοστά/ώραν και αντί d τίθεται τό μήκος L όπερ διανύει τό ύδωρ επί της έπιφανείας.

Εις τό ούτως πρακτότυπον όριον ροής δίδονται νυν διάφοροι τι-

μαί ως ακόλουθως:

κατά τόν Jeffrey: 230

" " Hopf : 225-247

" " Horton: 410-575

" " Izard: 375 ήτις είναι και η συνηθεστέρα

τιμή χρησιμοποιουμένη κατά τούς υπολογισμούς.

Εάν ήδη εξισώσωμεν την άπορροήν q εκ των έξισώσεων (1) και (4) κατά την επιχημήν ίσορροπία βροχής και έκροής διά μήκος έδάφους x θα λάβωμεν:

$$t_x = \left(\frac{x \cdot P_0}{k} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (5)$$

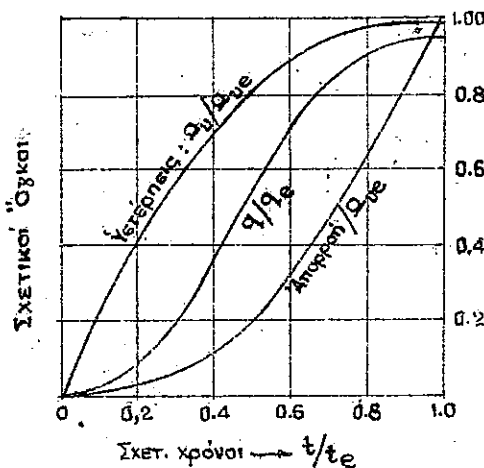
ένθα k συνάρτησις κλίσεως, τραχύτητας ή συνεκτικότητας, και η συνάρτησις του τύπου ροής και ίσον προς $5/3$ ή 3 διά $\epsilon \tau \rho \omega \beta \iota \lambda \alpha \epsilon \iota \delta \eta$ και $\epsilon \tau \rho \omega \pi \eta \nu$ ροήν αντίστοιχος.

Διά μήκος L_0 , μέγιστον βάθος εις τό άκρον αυτής t_m, Q_v όγκον συσσωρευόμενον επί της έπιφανείας κατά την ίσορροπία ροής, (υστέρησις) $t_m = \frac{Q_v}{L_0}$ μέσον βάθος επί του μήκους L_0 , λαμβάνομεν, διά ολοκλήρωσεως της έξισώσεως (5):

$$\frac{t_m}{t_{\max}} = \frac{Q_v}{t_{\max} L_0} = \frac{m}{m+1} \quad (6)$$

ήτοι η σχέσις των δύο βαθών είναι $5/8$ διά $\epsilon \tau \rho \omega \beta \iota \lambda \alpha \epsilon \iota \delta \eta$ ροήν ($m = \frac{5}{3}$) και $3/4$ διά $\epsilon \tau \rho \omega \pi \eta \nu$ ροήν ($m = 3$)

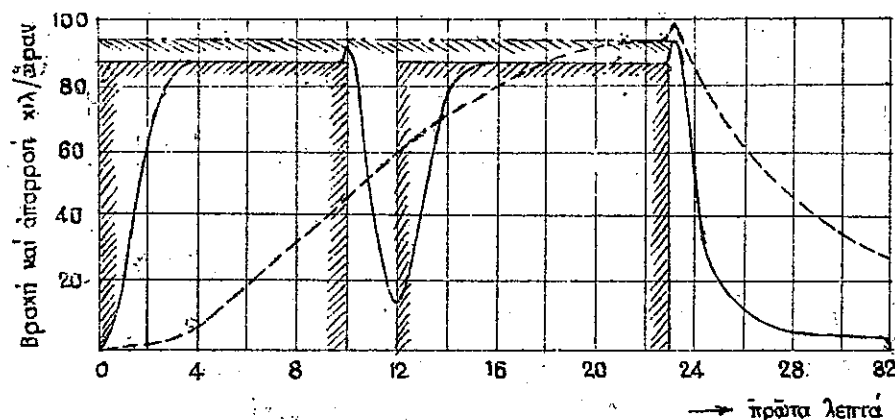
Επί τη βάσει των ανωτέρω δύνανται να προσδιορισθώσιν τώρα αι σχέσεις των διαφορών μεγεθών εις οίανδήποτε επιχημήν (q, Q_v, t) ως προς τα όριακά μεγέθη άτινα εμφανίζονται εις την όριακήν επιχημήν (q_e, Q_{ve}, t_e) ότε εμφανίζεται η ίσορροπία ροής. Αποδέντος ότι η ίσορροπία αυτή εμφανίζεται άσυμπτωτικώς, προσδιορίζεται αυθαίρετως ο χρόνος αυτής t_e ως ο χρόνος δι' όν $\frac{q}{q_e} \approx 0.97$



Σχ. 11α. Ισχυρὸν ὑδρογράφημα (Irrard.).

ταύτην ἀποφύγει τοῦ L_0).

Τοῦτο διεπιστῶδη καὶ διὰ πολλῶν πειραμάτων. Εἰς τὸ σῆμα 117
 δίδεται ἡ πορεία τῆς μεταβολῆς τῆς ἀπορροῆς διὰ δύο περιπτώσεις.
 Εἰς τὴν πρώτην ἔπιασαν δύο βροχαὶ ἐντάσεως 90 κιλ/ῶρον με διαρ-



Σχ. 111. Βροχή καὶ ἀπορροή εἰς δύο διαφορετικὰς περι-
πτώσεις.

κειαν 10 καὶ 11 πρώτων λεπτῶν καὶ μετὰ τὴν διακοπὴν 2' Εἰς τὴν
δευτέραν ἔπρεσεν βροχὴ ἐντάσεως 96,00 κιλ/ῶραν καὶ ὀλικῆς διαρ-

(βλ. εχ.110), οπότε δια $t_{e/2}$

$$q/q_e = 0,55.$$

Οὕτω ὁ χ ρ ὶ σ τ ο ς ἱερ.
ροπίας, εἰς πρῶτα λεπτὰ δὲ
ἱεσύναι μέ

$$t_e = \frac{2 \Omega_{ve}}{60 q_e}$$

τα καί εξαρτάται από τήν κοκκομετρικήν εύστασιν τῶν ὀρυκτῶν.

Αἱ κροκάλαι ἔκουν τήν μεγαλύτεραν διαπερατότητα. Ἐπει-
ται ἡ ἄμμος, ἡ ἄργιλλος ἡ ἑλὺς (πολύ ἀδιαπέρατος)

δ) ἀπό τήν στάθμην τῶν ὑπογείων ὑδάτων κατά τήν διάρκειαν
τῆς βροχῆς.

ε) ἀπό τήν φυσικήν κατάστασιν τοῦ ἐδάφους.

Αἱ φυτεῖαι ἐλαττώνουν τήν διείδυσιν, καθὼς χρησιμοποιοῦν
τὸ ὕδωρ (διαπνοή, ἐξάτμισις). Προκαλοῦσαι ὅμως, μεγαλύτε-
ρον φορτίον τοῦ ἐπιφανειακοῦ ὕδατος αὐξάνουσιν ἀντιθέ-
τως τήν διείδυσιν.

Ὁρχωμα τοῦ ἐδάφους αὐξάνει τήν διαπερατότητα αὐ-
τοῦ ἄρα καί τήν διείδυσιν (εἰς ἀπόρροας, καλλιέργειας).

Ἡ μελέτη τῆς διεισδύσεως ἐπιστελεῖται προκειμένης κατασκευῆς
διαρρέον μεταφορᾶς ὕδατος ἢ τῶν ἀρδευτικῶν καί ἀποξηραντι-
κῶν. Ἐπίσης διὰ τὸν ἀναλυτικὸν προσδιορισμὸν τῶν ἀπορροῶν - ἐπι-
φανειακῶν ὑδάτων - τοῦ ὕδατος τῆς βροχῆς ὅς εἰς τήν διάστασιν
τῶν ὑπογείων ὑδάτων.

Κατὰ τὸν Schoklitsch, προσδιορισμὸς διεισδύσεως ὕδατος εἰς
διώρυγα ἐν Γερμανίᾳ ἔδωκε τὰς ἀκολουθοῦσας τιμὰς :

Διώρυξ Rhein-Herne (ἄμμος φ. 0,5 - 0,4 mm) μετρηθεῖσα 30-34 χιλ/ἡμέρ.

		Mame	28		
		Dortmund-Ems.	20-29		
		Neckar-Danau	28		

Ἐξ ἄλλου τὸ ὕψος διεισδύσεως διὰ διάφορα ἐδάφη διδεται ὑπὸ
τοῦ αὐτοῦ ὅς ἀκολουθεῖ :

Χουμάδην ἀββεστολιθική ἄμμον	0,006 χιλ/ἡμέρ
ὁμοίως	0,0089
ἀμμοῖδην ἐδαφὸν Frankforts	0,0058 - 0,0116 χιλ/ἡμέρ

Ὁ R.E. Horton (1937) δημοσιεύει σειράν παρατηρήσεων γεωμέ-

νων εἰς διαφόρους ὑδρολογικὰς λεκάνας καταλήγων εἰς τὸν ἀκό-
λουθον πίνακα :

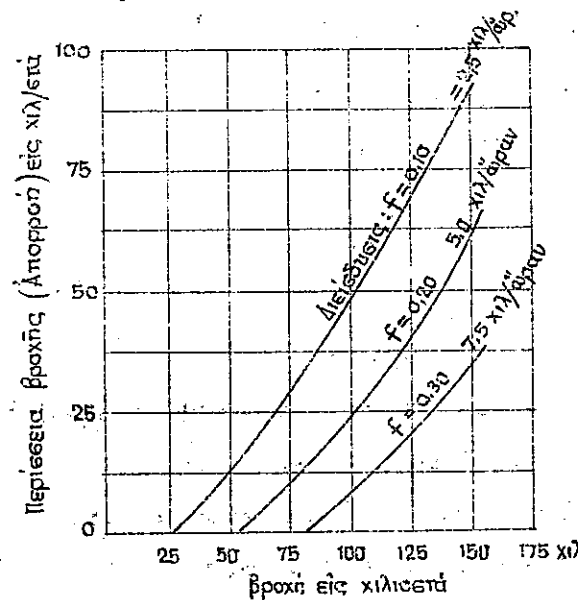
Ποταμός	Λεκάνη ἀπορ- ρῆς τετρ. μίλλια	Διεισδύσεις f [χιλ/ἡμέρ.]	
		Μέση	Ὁρια διακυμάνσ.
Delaware, Port Jervis N.Y.	3070	0,405 χιλ.	0,15 — 10,1
Susquehanna Towanda, Pa.	7770	0,68 "	0,25 — 13,30
French Broad, Danbridge Tenn.	4450	0,405 "	0,125 — 7,6
Muskingom, Dresden Ohio.	5980	14,5	4,3 — 24,70
Wabash Longansport Ind.	3830	16,3	7,6 — 31,40
Embarass Saint Marie Ill.	1540	11,6	0,58 — 14,40

Ἐν τῇ βάσει παρατηρήσεων τῆς πλημμύρας τοῦ ποταμοῦ Millers
(Erving, Mass) ὁ R.E. Horton ἐξέσπυνε τὰ ἀκόλουθα διαγράμματα,

ὅπου (εἰς τὴν 112 I) ἐκ τοῦ
ὑψους βροχῆς (καταιγι-
δος, μεμονωμένης βρο-
χῆς) καί τοῦ συντελε-
στοῦ διεισδύσεως f , ἐν-
ρίσκομεν τήν περίεσσαν
βροχῆς (Συνεσταί ἀνω-
λειπὼν καί ἀποθηκεύσεως
ἔχουσιν ἢ ὅτι ἀφαιρεθῇ),
(βλ. εἰς 112 I).

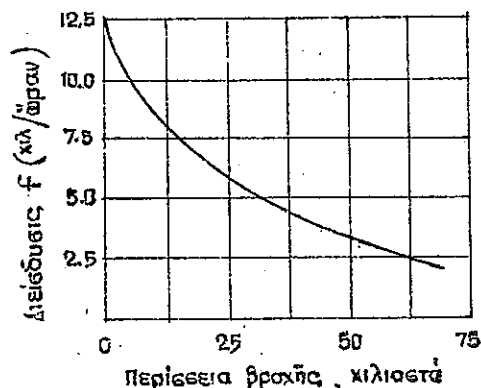
Ἐπίσης (εἰς 112 II)
ἐκ τοῦ συντελεστοῦ διει-
σδύσεως f , ὁρίζεται ἡ
περίεσσα ὑψους βροχῆς
(φ. 11)

Σχ. 112 (I) Σχέσεις διεισδύσεως καί
ἀπορροῆς καί περσούσεως βροχῆς.



καί αντίστροφως.

Διά την κατασκευήν του διαγράμματος (112 I) ήτο γνωστή ή



Σχ. 112 (II) Σχέσις διεισδύσεως καί απορροής καί περρέας βροχής.

διανομή της καταχύιδος (95 κλ) εντός του εικοσιτετραώρου καί κατεσκευάσθη αναλυτικός ωριαίος πίναξ διαφορών βροχής, διεισδύσεως καί περρέας.

Επί τη βάσει της μεθόδου ταύτης ο συν/τής f εις ποταμούς του N. England, (flood Nov. 1927) εὐ-

ρέθη ἔκων μέσην τιμήν $f=0,4$ κλ/ῶραν μέ ὅρια ὅμως κυμαινόμενα ἀπὸ 0,75 ἕως 14,0 κλ/ῶραν.

Οὕτω τελικῶς ὁ Herton καλεῖ διηθητικὴν ἱκανότητα f_p τὴν μεγίστην δυνατότητα ἐδάφους πρὸς ἀπορρόφησιν πιπτούσης βροχής. (χιλιοστὰ ἀνὰ ὥραν).

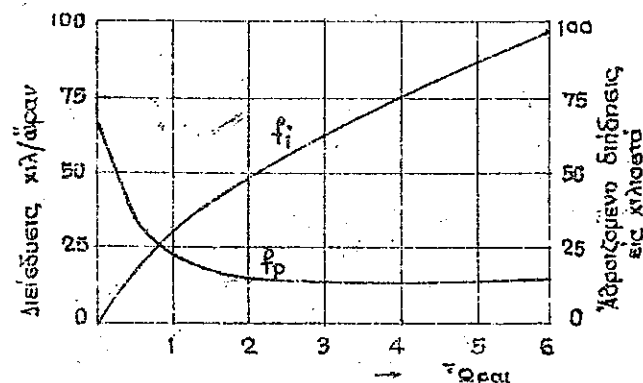
Ἡ διηθητικὴ ἱκανότης ἰσοῦται πρὸς τὴν τιμὴν τῆς διεισδύσεως f_i μόνον ὅταν (f_p) ἰσοῦται ἢ εἶναι μικροτέρα τῆς ἐντάσεως τῆς βροχής.

Ἡ διήθησις ἄρκεται μέ τὴν μεγίστην αὐτῆς παροχὴν πάντοτε (f_0) βαίνει δὲ συνεχῶς ἐλαττουμένην ἕως ὅτου ἀποκτήσῃ μίαν σταθεράν τιμὴν ἰσορροπίας f_c , συμφώνως πρὸς τὸν φυσικὸν νόμον τῆς ἀπορρέσεως. Τοῦτο ἐκφράζεται ἀνάλυτικῶς διὰ τῆς ἀκολουθοῦσης ἐξισώσεως :

$$f_p = f_c + (f_0 - f_c) e^{-k \cdot t_p}$$

ἐνθα κ σταθερά καί t_p ἡ διάρκεια τῆς βροχής.

Εἰς τὸ σχῆμα (113) ἐμφαίνεται ἡ μεταβολὴ τῆς διηθητικῆς ἱκανότητος καί τῆς ἀθροιστικῆς τιμῆς διεισδύσεως εἰς



Σχ. 113. Συσχέτισις χρόνου καί διεισδύσεως.

χωμῶδες, ἔδαφος κατὰ τὸν Musgrave. Ἡ γεωλογικὴ ὑπηρεσία τῆς πολιτείας New Jersey (1899) εἰδεί τὸν ἀκόλουθον πίνακα διαίτησε πηγῶν, κειμένων ἐπὶ υδρολογικῶν λεκανῶν διαφόρου ὁσμῆς, κα-

τὰ διαφόρους διαδοχικοὺς μῆνας ξηρασίας.

Μ. ν	Δασωμένη λεκάνη (Passaic)	Καλλιεργούμενη ὑδρο. λεκάνη	Ἀποφυλοδοῦσα ὑδρο. λεκάνη.
1	29,4 κλ.	36,3 κλ.	23,80 κλ.
2	13,70 "	16,2 "	9,60 "
3	10,10 "	11,4 "	6,60 "
4	8,4 "	8,9 "	5,30 "
5	8,1 "	7,6 "	3,60 "
6	7,8 "	6,8 "	3,00 "
7	7,6 "	6,30 "	2,50 "
8	7,4 "	5,8 "	2,00 "
9	7,1 "	5,6 "	1,80 "
Ἀθροισμα	99,60 κλ.	104,90 κλ.	58,20 κλ.

Ἡ παροχὴ εἶδεται ἀνηγμένη ἐπὶ τῆς λεκάνης εἰς ὕψη βροχῆς εἰς

χιλιοστά.

Ο πίναξ, ούτος, εξαίρει και την σημασίαν του δάσεως, όχι τόνον διά τό ποσόν της απορροής, όσον δια την κατανομήν αυτής, κατά τους ξηρούς μήνας.

Αποδεικνύει δέ την επιρροήν της φυτείας, εἰς τήν τιμήν της διαδόσεως.

Εἰς τό ἐκῆμα (114) δίδεται ἡ μηνιαία πορεία διαδόσεως της βροχῆς, κατὰ τήν διάρκειαν υδρολογικοῦ ἔτους του ποταμοῦ Weser, ἐνθα ἐμφαίνονται αἱ ἀπορροαί (εἰς ὕψος βροχῆς h_B), ἡ ἐξαίρεσις (h_E) περιλαμβάνουσα τὰς ἀπωλείας, καί τό ὕψος διηθήσεως (h_A) ἀπό Σεπτεμβρίου μέχρι φεβρουαρίου, ἡ τὸ ὕψος ἀναβλύσεως (h_{η}) ἢ πηγῶν κατὰ τους μήνας Μάρτιον, μέχρι Ἰουλίου. Οὕτω τό κατὰ τόν χειμῶνα ἀποθηκευόμενόν ὕδωρ διά διεισδύσεως ἀναβλύζει κατὰ τήν ἀνοιξιν καί ἀρχήν του θέρους.

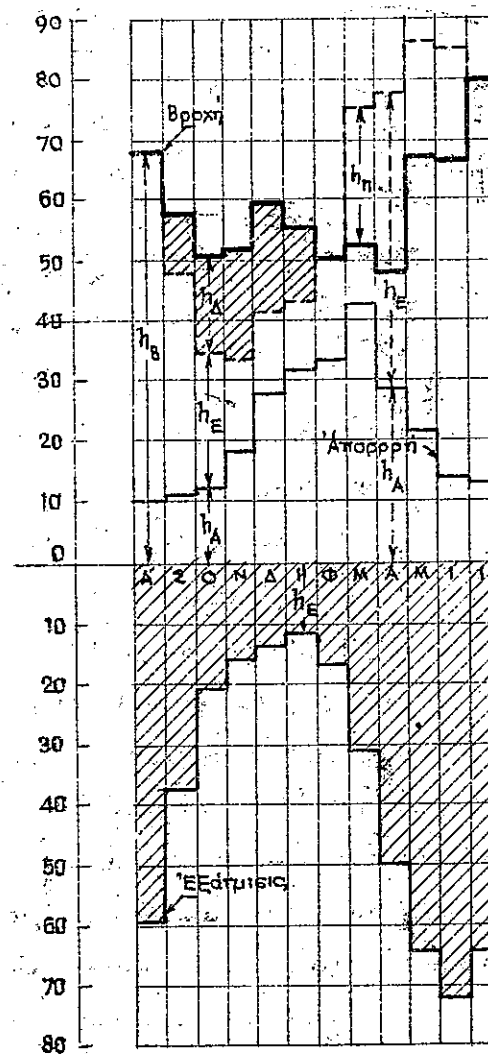
Εἰς τό ἐκῆμα (115) δίδεται τό ἰσοζύγιον βροχῆς εἰς ποταμόν Saarbach, ὅπου τὸ ὕψος βροχῆς κατανέμεται εἰς ἐξαίρεσιν, ἀπορροήν καί διείδυσιν.

Εἰς τό διάγραμμα ἐμφαίνεται καί ἡ μηνιαία κατανομή της διεισδύσεως του ὕδατος ἐντός του ἔδαφους, διά μεεωρωπαϊκῆς βεβαίως μετεωρολογικῆς καί λοιπῆς συνθήκης.

Εἰς ποταμούς ἐνίστε ἡ διείδυσιν δύναται νά εἴδῃ μεγάλας τιμάς. Οὕτω εἰς τόν Oder της Γερμανίας καί μεταξύ των σταθμῶν Steinau καί Pollenzig ἡ διείδυσιν ἦτο 180 λ/ὄλον ἀνά χιλιόμετρον μήκου του ποταμοῦ, ἦτοι δι' ὅλον τό τμήμα του ποταμοῦ ἀνῆρχετο εἰς 35 κ.μ./ὄλον (32 τὸ θέρος καί 38 τόν χειμῶνα, διά τό ἡπειρωτικόν ἐκεῖ κλίμα) ἢ εἰς 1110 ἑκατομμύρια κ.μ. ἐτησίως.

Παρά ἡμῖν δέν υπάρχουν σχετικαί μετρήσεις. Συχνά ὁμῶς βλέπομεν κατὰ τήν ἀνοιξιν καί τό θέρος ἱκανήν ποσότητα παροχῆς χειμάρρων νά εξαφανίζεται, ἐντός μικροῦ ἐνίστε μήκου, ἐν-

τός της κοίτης αὐτῶν.



Σχ. 114. ἰσοζύγιον του ποταμοῦ Weser,

1896-1915 (Schaffernack)

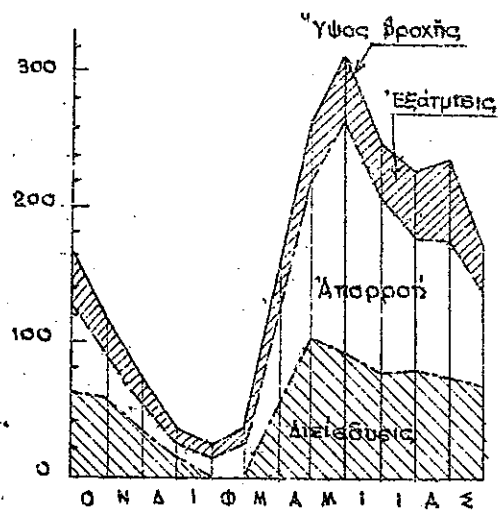
h_B = ὕψος βροχῆς = h_A (ἀπορροή) + h_E (ἐξαίρεσις) + h_{η} (διείδυσιν) - h_{η} (πηγαί ἀναβλύσεως)

διὰ των λυγισμέτρων (βλ. σχ. 105 της σελ. 159.) ὅπου

ἡ τεχνική διήθησις ἀποτελεῖ σύγχρονον μέθοδον διά τήν ἀποθήκευσιν του ὕδατος ἰδίᾳ εἰς κλίματα ἐνθα αἱ ἀπώλειαι εἶναι μεγάλαι. Συνίσταται ἡ μέθοδος εἰς τήν διευκόλυνσιν της διηθήσεως καί τήν ἀποθήκευσιν του ὕδατος ἐντός ὑπογείων ὑφιστάμενων ἐνθα διά της τοποθετήσεως τεχνικῶν ὑπογείων φραγμάτων (ἐγκάρσιοι τοίχοι κλείοντες τὰ κοιλάδας), ἀποκλείεται ὁ περαιτέρω ροῦς αὐτῶν. Τά οὕτω ἀποθηκευόμενα εἰς τὰ κενά του ἔδαφους ὕδατα χρησιμοποιοῦνται (ἀντλούμενα καί επανώτερον διά βαρύτητος μαστευόμενα) ὅταν ὑπάρχει ἀνάγκη αὐτῶν.

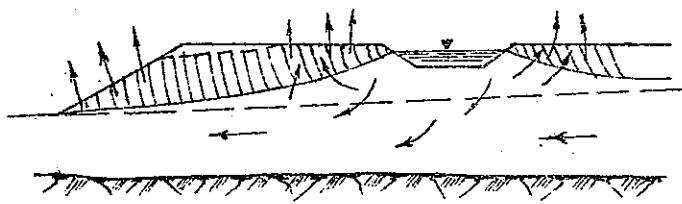
ἡ μέτρησης

της διεισδύσεως ἐπιτελεῖται ὡς καί ἡ της ἐξαίρεσεως του ἔδαφους

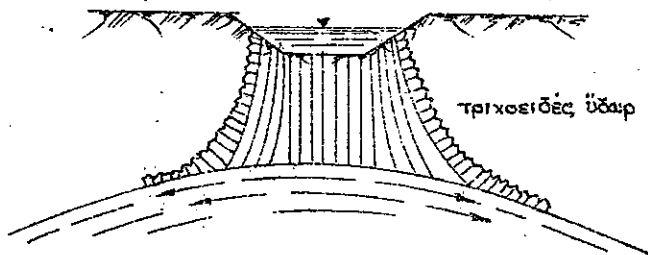


Σχ. 115. Ίσοζύγιον βροχής εις Saalach (streck)

δάτων ὑπ' αὐτάς πρὸς προσδιορισμὸν τῶν ἀπωλειῶν κατὰ τὰς τοπικάς συνθήκας. - Εἰς τὰ σχήματα (116) καὶ (117) ἐμφαίνονται αἱ συνθή-
καις συνθῆκαι ἀ-
πωλειῶν εἰς τὰς
διώρυγὰς.



Σχ. 116. Ἀπώλεια διηθήσεως καὶ ἐξατμίσεως εἰς ἀρδευτικὴν διώρυγα (Terzaghi)



Σχ. 117. Ἀπώλεια διηθήσεως εἰς ἀρδευτικὴν διώρυγα. Βαθύς, ὀρίζων ὕ. ὑδ. (Zunker).

ὡς ἐλέχθη μετρεῖται τὸ ὀρθογώνιον ὕδωρ προκειμένου νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐξατμίσις.

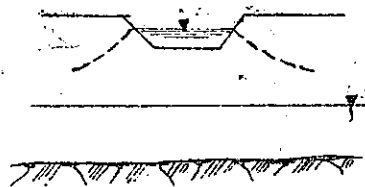
Προκειμένου διαπερατῶν χωματίνων διωρύγων, ἐνθα μετρεῖται ἡ διήθησις ἥτις ὅσον νὰ εἶναι χυωστή διὰ τὸν ὑπολογισμόν τῶν ἀπωλειῶν τοῦ ὕδατος ἐντὸς αὐτῶν, ὅσον νὰ ἔχωμεν ὑπ' ὄψιν τὴν ἐπιδόμην τῶν ὑπογείων ὑ-

δατος ἐντὸς αὐτῶν, ὅσον νὰ ἔχωμεν ὑπ' ὄψιν τὴν ἐπιδόμην τῶν ὑπογείων ὑ-

δατος ἐντὸς αὐτῶν, ὅσον νὰ ἔχωμεν ὑπ' ὄψιν τὴν ἐπιδόμην τῶν ὑπογείων ὑ-

Αἱ ἀπώλεια εἰς τὰς διώρυγας.

γανται νὰ προσδιορισθῶσιν καὶ ἐργαστηριακῶς εἰς ὁμοιώματα ὑπὸ κλίμακα τοῦ φυσικοῦ ἔργου καὶ τὰ ἀποτε-



Σχ. 118. Ὁμοίωμα τάφρου μεταφορᾶς ὕδατος

λέσματα τῆς ἐρεῦνης, νὰ ἀναχθῶσιν εἰς φυσικὴν κλίμακα διὰ τῶν τύπων τῆς ὁμοιότητος. Οὕτω διὰ κλίμακα μηκῶν : $\frac{M_0}{M_0} = n$ καὶ διὰ συντελεστῆς διαπερατότητος τύπος τοῦ Darcy - K_0 (φυσικοῦ ἐδάφους) καὶ K_0 (ἐδάφους ὁμοιόματός), ὁ λόγος τῶν παροχῶν διηθήσεως ἔσται

$$\frac{Q_0}{Q_0} = \frac{K_0}{K_0} \cdot n^2 \quad (\beta\lambda. \text{σχ. } 118)$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ IV.

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΗ

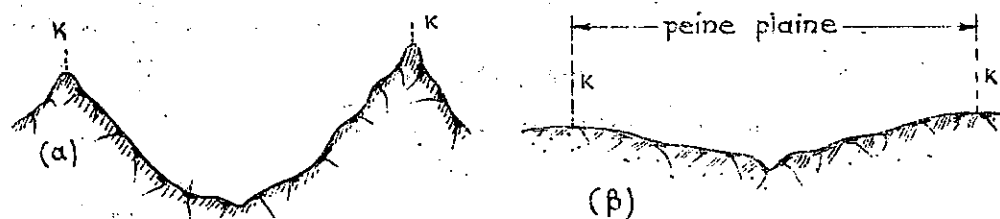
A. Μορφολογικά στοιχεία (Ρεολογία)

1. Γεωμορφολογία

Ἡ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους πίπτουσα βροχὴ ρεεὶ ἐπ' αὐτοῦ διὰ τῆς βαρύτητος μέχρις ὅτου φθάσει εἰς τὸν τελικὸν ὑποδοχέα, χαραδρῶνυσά το ἔδαφος εἰς ὁλονὲν αὐξανουσὴν διαστάσεων ρεύματα, διαβιβράσκοντα τὰ ἐπιφανειακά πετρώματα καὶ μεταφέροντα ταῦτα πρὸς τὰ κατώτερα.

Τοιοιούτροπως πλὴν τῶν τεκτονικῶν διαμορφώσεων τοῦ ἐδάφους (βλ. Γεωλογίαν) διακρίνομεν καὶ τὰς ὑδρολογικὰς διαμορφώσεις αὐτῶν, αἵτινες ἀλλήλοεπηρεάζονται μετὰς πρώτας, καὶ αἵτινες εἶναι κατὰ πολὺ ὁμαλότεραι ἐκείνων.

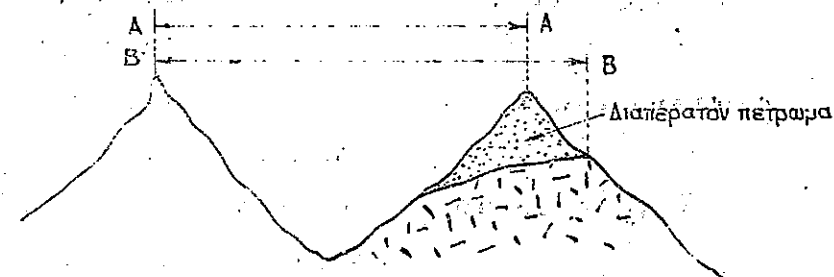
Οὕτω εἰς τὸ εἰκ. 119 ἐμφαίνονται αἱ ἐκ τῶν τεκτονικῶν καὶ τῶν ὑδρολογικῶν αἰτίων διαμορφώσεις τῶν κοιλάδων.



Σχ. 119. (α) Τεκτονικὴ καὶ ὑδρολογικὴ. (β) διαμορφώσεις κοιλάδος.

Ἐάν εἰς μίαν περιοχὴν συνδέσωμεν ὅλα τὰ σημεῖα ἐκ τῶν ὁποίων τὸ πῆπτον ὕδωρ τῆς βροχῆς ρεεὶ πρὸς τὸν αὐτὸν ὑποδοχέα λαμβάνομεν τὴν λεκάνην ἀπορροῆς ἢ τὴν ὑδρολογικὴν λεκάνην τοῦ ὑποδοχέως. Συνήθως τὰ σημεῖα ταῦτα ἀνάγονται εἰς τὴν

τοπογραφικὴν διαμόρφωσιν τοῦ ἐδάφους (γραμμή ΑΑ τοῦ εἰκ. 120) ἐνίοτε ὅμως ἢ προσδιορίζουσα τὸν ὑποδοχέα λεκάνην



Σχ. 120. Τοπογραφικὰ καὶ ὑδρολογικὰ ὅρια λεκάνης ἀπορροῆς.

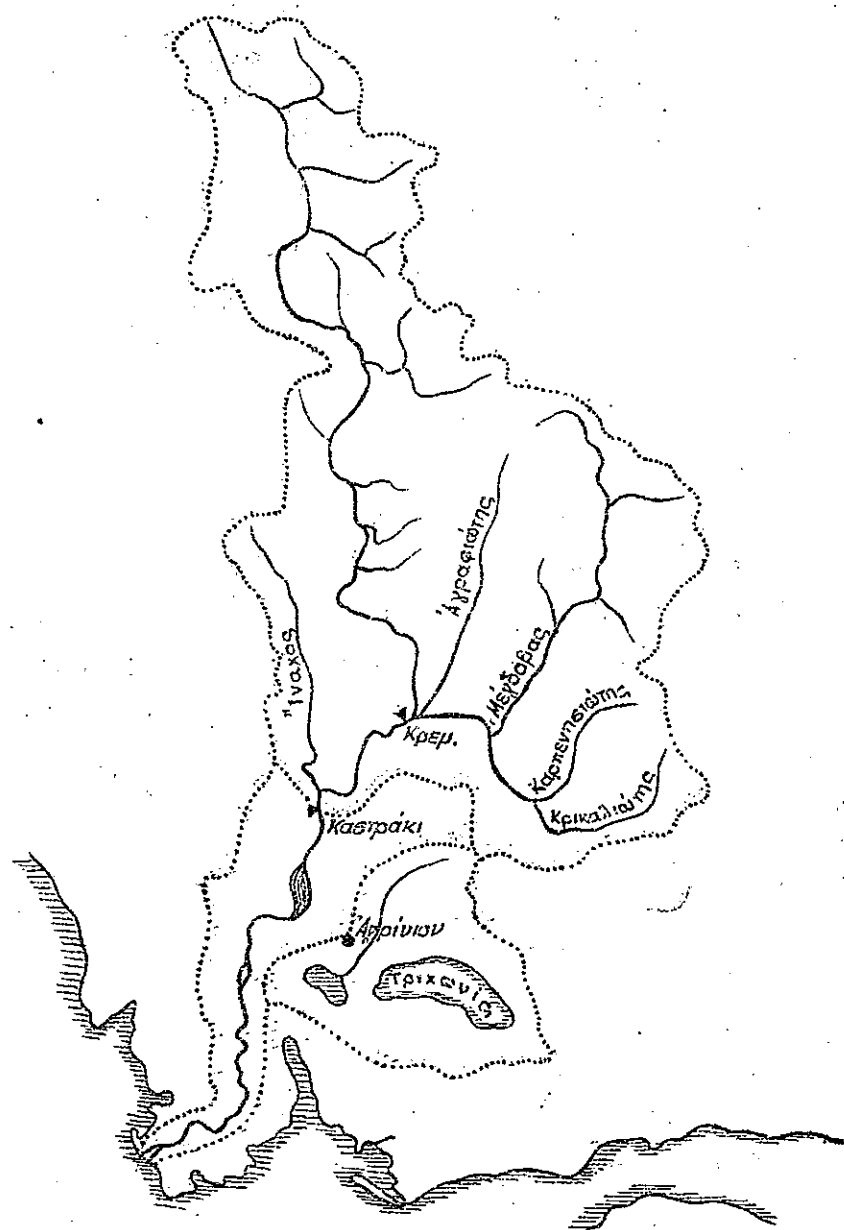
καθορίζεται ἐκ τῆς γεωλογικῆς διαμορφώσεως τοῦ ἐδάφους (γραμμή ΒΒ τοῦ εἰκ. 120)

Εἰς τὸ εἰκ. 121 διδεται ἡ λεκάνη ἀπορροῆς τοῦ ποταμοῦ Ἀχελῷου, προκύπτουσα διὰ τῆς συνδέσεως ὅλων τῶν κορυφογραμμῶν ἐξ ὧν τοπογραφικῶς συλλεχόμενον τὸ ὕδωρ ρεεὶ εἰς τὸν ποταμόν. Ἡ λεκάνη ἀπορροῆς κλείει παρὰ τὴν θάλασσαν Καστράκι (ἐνθα χινεῖται μέτρησις τῆς παροχῆς) ὡς καὶ εἰς τὰς ἐκβολὰς.

Ἰδιαίτερος ἔχει χαραχθῇ ἡ λεκάνη ἀπορροῆς τῶν λιμνῶν (Τριχωνίδος 396 Km² καὶ Λυσιμαχίας 244 αἵτινες ἐκχειλίζουσιν εἰς τὸν ποταμόν.

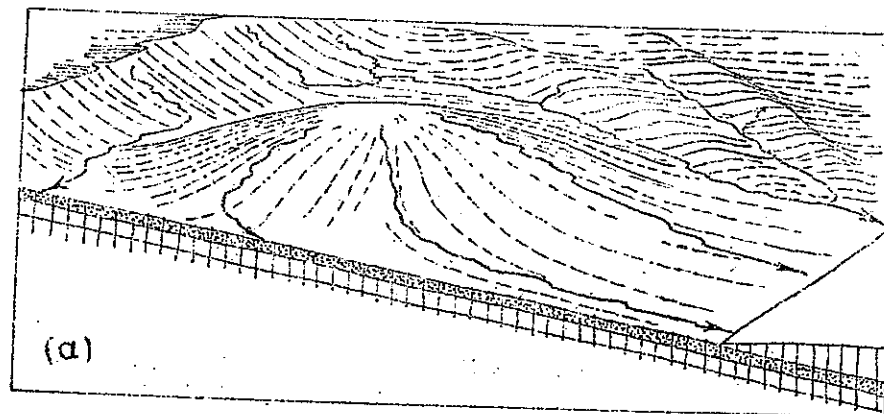
Ὁ ποταμὸς Ἀχελῷος ἔχει μῆκος 255 χιλιομέτρα. Ὁ Ἀερόποταμος ἔχει μῆκος 148 χιλ. ὁ Ἀγραφιῶτης 46 χιλμ. καὶ ὁ Μέγας 90 χιλμ. ἀποτελοῦν δὲ τὴν ἀνω λεκάνην τῶν ποταμῶν συμβάλλουτες εἰς ἀπόστασιν 2 χιλιομ. ἀνάντι τῆς προβλεπόμενης θέσεως τοῦ φράγματος εἰς Μορμαετὶ καὶ ἔχοντες λεκάνην ἀπορροῆς 3700 Km². Ἡ ὅλική λεκάνη τοῦ ποταμοῦ συμπεριλαμβανομένων καὶ τῶν τριῶν λιμνῶν ἀνέρχεται εἰς 5600 Km² περίπου, με μέσον ἐτήσιον ὕψος βροχῆς 1735 κιλιστά.

Ἡ γενικὴ διαμόρφωσις τῶν ρευμάτων ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς γεωλογίας τῆς ὑπ' αὐτῶν διαρρεσμένης περιοχῆς. Οὕτω εἰς τὸ εἰκ. 122

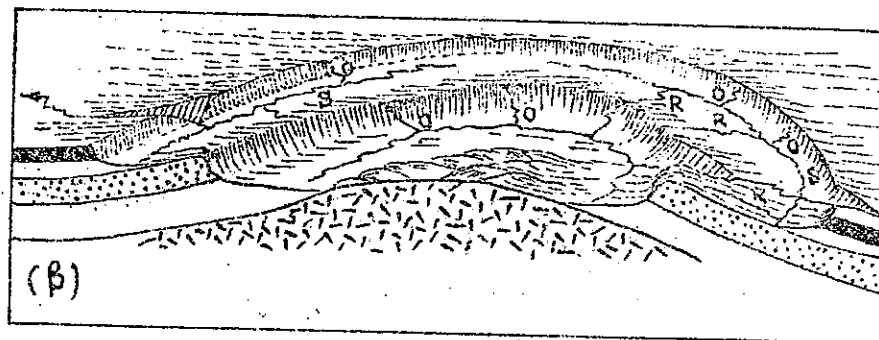


Σχ. 121. Λεκάνη ἀπορροής Ἀχελώου 1:1,000,000.

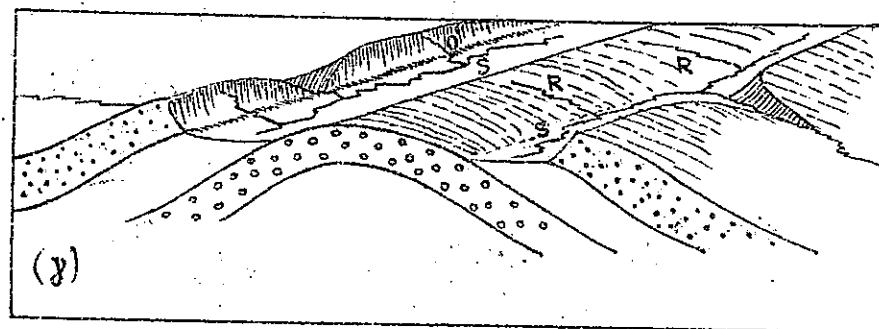
Δίδει ὁ Lobeck τὴν γενικὴν ροήν ρευμάτων ἀναλόγως τοῦ ἐδάφους καὶ ὅ (α) εἰς περιπτώσιν ὁμῶν κλίσεων πλείστον πετρωμάτων, (β) εἰς περιπτώσιν ὁρέων (μορφῆς θόλου) ἐχηματιζομένων ἐκ δια-



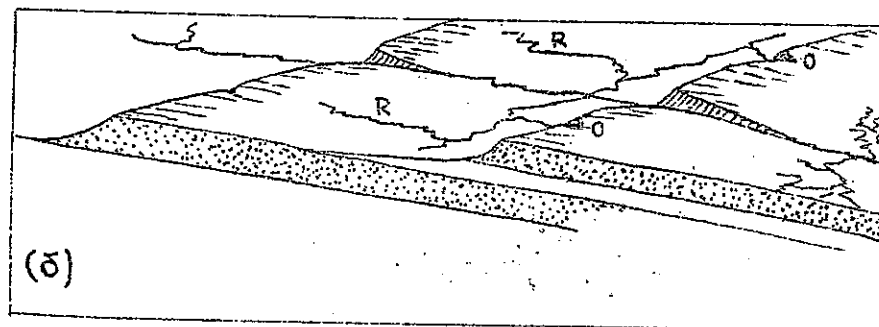
(α)



(β)



(γ)



(δ)

Σχ. 122 Μορφὴ ἀρχικῶν ρευμάτων (Lobeck).

βρώσεων των ἀδενεστέρων πετρωμάτων των στολιδώσεων (γ) εἰς περίπτωσιν ἐξάρσεων σχηματιζομένων ἐκ στολιδώσεων καὶ (δ) εἰς περιπτώσιν πεδίων ἐκτάσεων. (Lobeck).

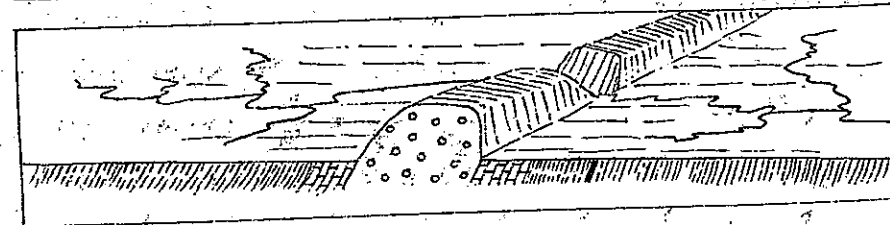
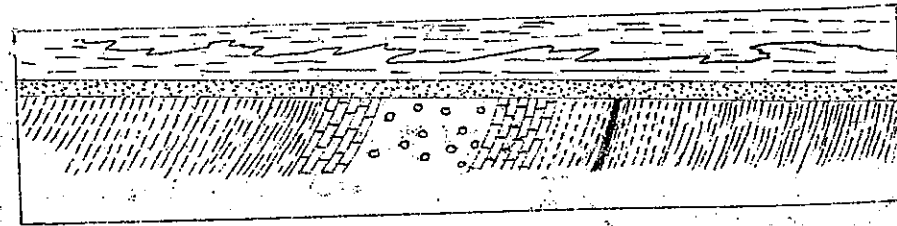
Ὁ Lobeck, διακρίνει περαιτέρω τοὺς ἀκαλούθους τύπους ρευμάτων (βλ. ε.κ. 122).

- 1) συνακόλουθα ρεύματα (C, consequent), ἅτινα προέρχονται ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν κλίσιν τοῦ ἐδάφους.
- 2) ὑπακόλουθα " (S, subsequent), ἅτινα δημιουργοῦν τὴν ροὴν αὐτῶν εἰς τὰ μαλακώτερα ἐδάφη.
- 3) ἀντακόλουθα " (O, obsequent) ἅτινα ρέουν ἀντιστρόφως πρὸς τὰ ἀρχικά συνακόλουθα ρεύματα καὶ ἀντιθέτως, πρὸς τὴν γενικὴν κλίσιν τοῦ ἐδάφους.
- 4) προσεκόλουθα " (R, resequent) ἅτινα εἶναι προσφατὰς δημιουργηθέντα συνακόλουθα ρεύματα ρέοντα συγῆδως εἰς τὰ ὑπακόλουθα ρεύματα.
- 5) ἀνακόλουθα " (I, insequent) τὰ μὴ ἔχοντα οὐδεμίαν συσχέτισιν μὲ τὴν γεωλογικὴν διαμόρφωσιν.

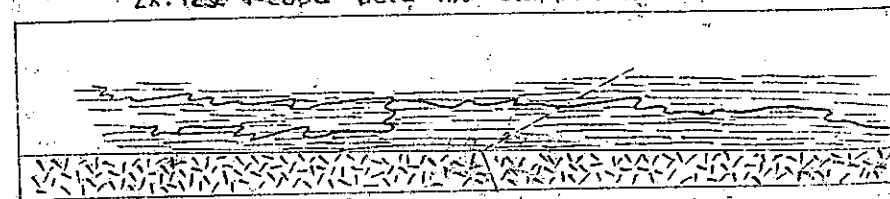
Περαιτέρω εἶδει ὁ Lobeck διαμόρφωσιν ρευμάτων μετὰ τὴν διάβρωσιν κοιλάδος (ε.κ. 123) ἢ μετὰ μεταπτώσιν ρωγμῶν (ε.κ. 124).

Ἐξετάζοντες περαιτέρω ἐν κατ'ὄψει τὴν μορφολογίαν τῶν ρευμάτων διακρίνομεν συγκεκριμένους τύπους αὐτῶν ὡς ὁ (α) δένδρικός, (β) ὁ δικτυωτός (γ) ὁ ἀκτινωτός καὶ (δ) ὁ δακτυλοειδής (βλ. ε.κ. 125).

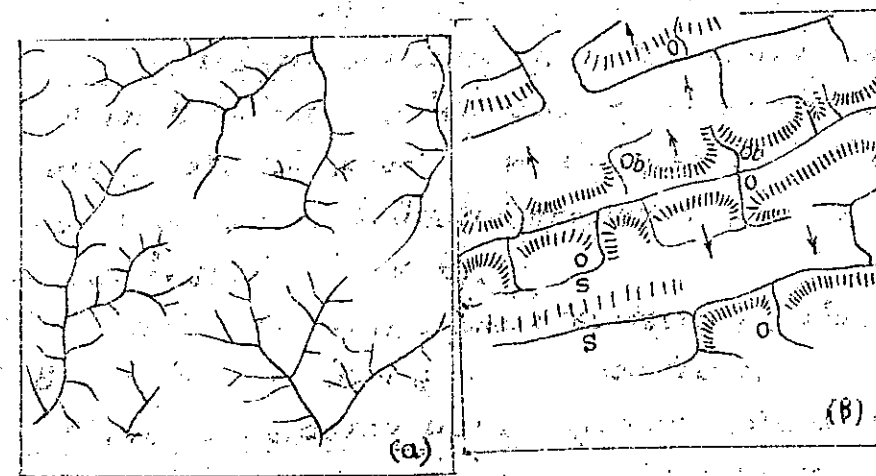
Ἐνίοτε τὰ ρεύματα διὰ γεωλογικὰς αἰτίας εἶναι ἐνδεχόμενον νὰ ἀλλάξουν γενικὴν διαμόρφωσιν, ὡς τοῦτο εὐνέβη, εἰς τὸν χειμάρρον Beaver ὅστις λόγῳ μικρᾶς ἀπορροῆς δὲν ἠδύνατο νὰ δια-

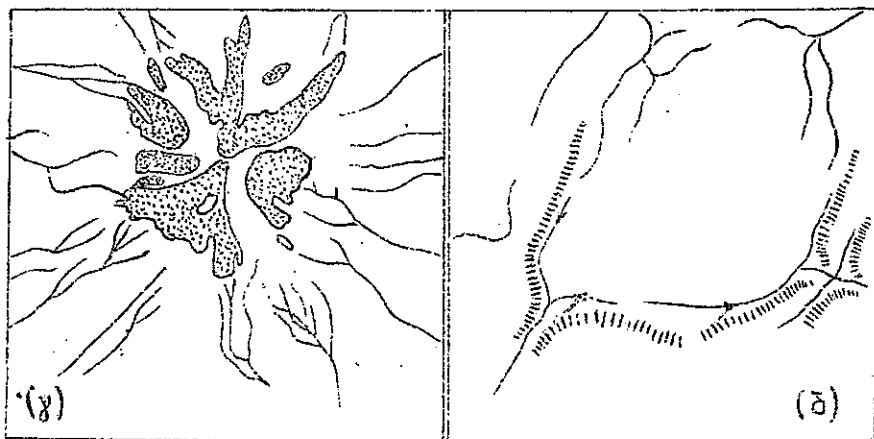


Σχ. 123. Ρεύμα μετὰ τὴν διάβρωσιν



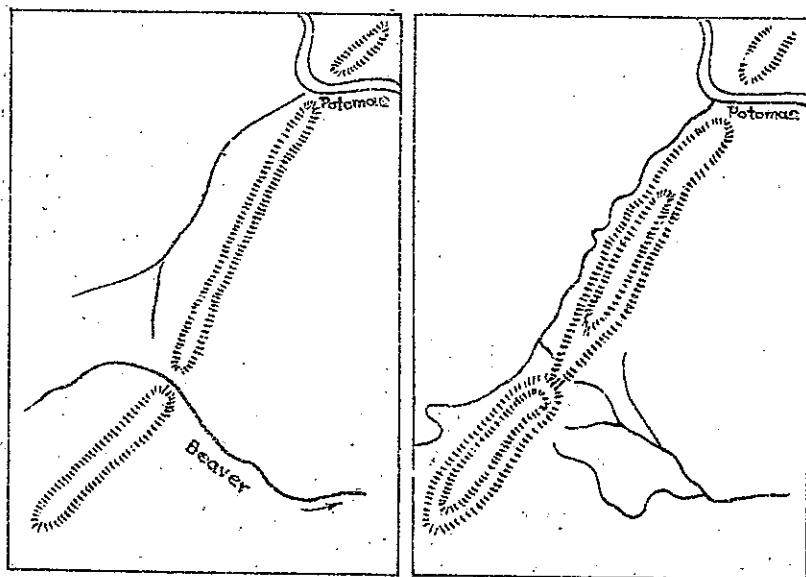
Σχ. 124. Μετάπτωσις ρωγμῶν





Σχ. 125. Τύποι επιφανειακών ρευμάτων

βρώει την κοίτην του εἰς τὴν κορυφογραμμὴν Blue ridge ἐξ ἴσου ταχέως ὥς ὁ Potomac ἐπέτυχε πρὸς τὰ κατάντη (βλ. σχ. 126):



Σχ. 126. Πειρατική πορεία τοῦ Beaver Creek.

Συνεπεία τούτου ὁ ποταμὸς Beaver ἠλλαξεν πορείαν καὶ ἐκβάλλει εἰς τὸν Potomac ἢ δὲ ἀρχικὴ διάβασις αὐτοῦ διὰ τῆς κορυφογραμ-

μῆς μετεβλήθη ἐν τῷ χρόνῳ εἰς ἀντίθετον.

2. Λεκάναι ἀπορροῆς

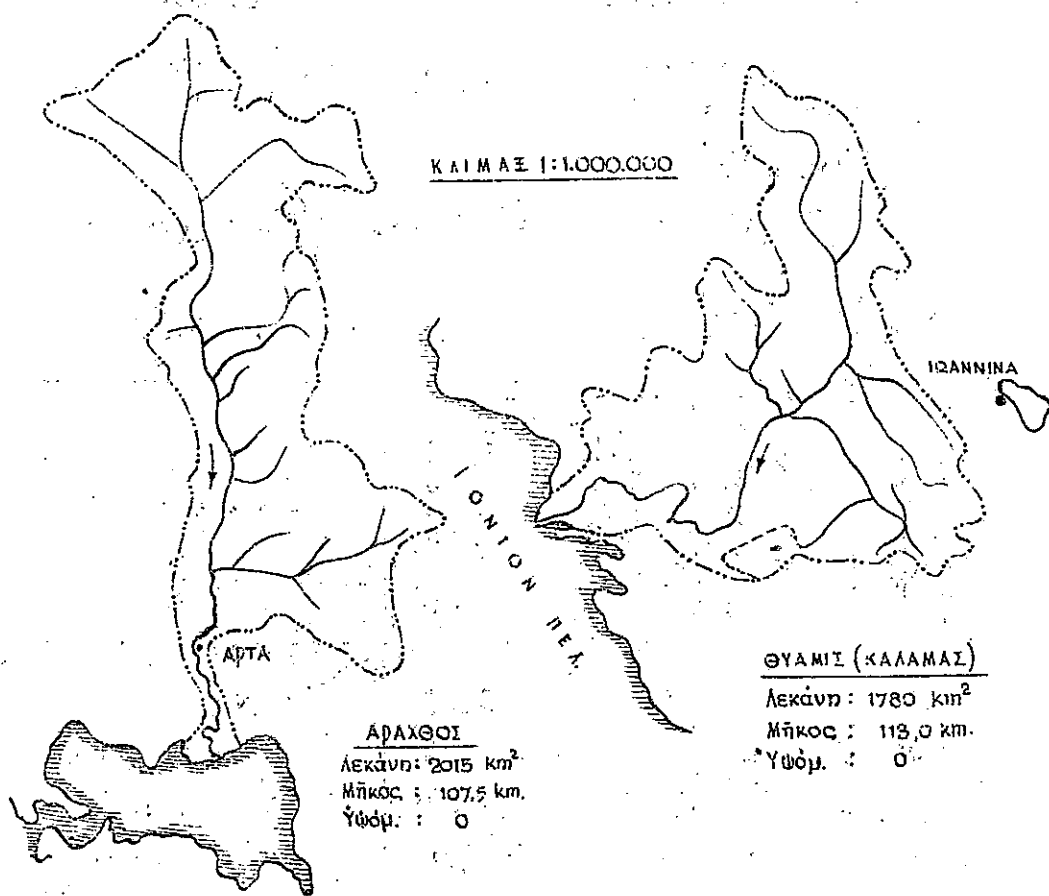
Τὰ χαρακτηριστικὰ εἰσέλκτα τῆς λεκάνης ἀπορροῆς ἐπιδραῶν ἐπὶ τῶν ἐπιφανειακῶν ἀπορροῶν, ὅθεν δὲ νὰ μελετῶνται προσεκτικῶς. Ἐξ αὐτῶν σημαντικώτερα τὰ ἀκόλουθα:

- α) ἡ γενικὴ θέσις τῆς λεκάνης ὡς πρὸς τὰ μετεωρολογικὰ εἰσέλκτα ἢτοι βροχὴ, χιὼν καὶ ὁμίαι αὐτῶν, θερμοκρασία, σχετικὴ ὑγρασία, βαρομετρικὴ πίεσις καὶ πνέοντες ἄνεμοι.
- β) ἡ γεωλογικὴ σύστασις τοῦ ἐδάφους τῆς λεκάνης, ἐπηρεάζουσα τὴν διείσδυσιν τῶν ὑδάτων ἐντὸς τοῦ ἐδάφους, τὴν διάβρωσιν καὶ σχηματισμὸν τῶν ρευμάτων, τὴν φυτεῖαν κ.λ.π.
- γ) ἡ φυτικὴ κάλυψις τῆς λεκάνης, ἐπηρεάζουσα τὰς ἀνωλείας, τὴν ἀναλογίαν μεταξὺ ὑπογείων καὶ ἐπιφανειακῶν ὑδάτων κ.λ.π. καὶ
- δ) ἡ τοπογραφικὴ διαμόρφωσις τῆς λεκάνης καὶ ὅλαν τῶν ρευμάτων αὐτῆς, ὅρα καὶ τὸ σχῆμα τῆς λεκάνης.

Πράγματι λεκάναι τῆς αὐτῆς ἐπιφανείας μετὰ διαφορετικὸν σχῆμα ἐν κατῴψει δὲ ἔχουν καὶ διαφορετικὰς ἀπορροὰς. Εἰς τὸ σχῆμα 127 ἐμφαίνονται αἱ λεκάναι τοῦ Ἀράχθου καὶ τοῦ Ραλαμά, τῆς αὐτῆς περιου ἐπιφανείας ἀλλὰ διαφορετικοῦ σχήματος. Διὰ τὴν αὐτὴν ἔντασιν καὶ διάρκειαν βροχῆς καὶ ὅμοια τὰ λοιπὰ δεδομένα (εἰς τ' ἀνωτέρω α, β, γ) ἡ εὐροή τῶν ἐπιφανειακῶν ὑδάτων δὲ εἶναι ἐντονωτέρα (μεγαλύτεραι ἀπορροαί) εἰς τὰς βραχυτέρας λεκάνας δοθέντος ὅτι ἡ ἀπορροή ἐξ ὅλης τῆς ἐπιφανείας συγκεντρῶνται εἰς τὰ ρεύματα πολὺ συντομώτερον καὶ ἢ εἰς τὰς ἐπιμήκεις.

Ὡς εὐνόητον εἶναι ἡ διαφορὰ αὕτη ἐκμηδενίζεται διὰ βροχὰς σταθε-

ρᾶς ἐντάσεως καὶ διαρκείας μεγαλύτερας τοῦ ὁλικοῦ χρόνου ἀπορροῆς τῶν ἐπιμήκων λεκανῶν.

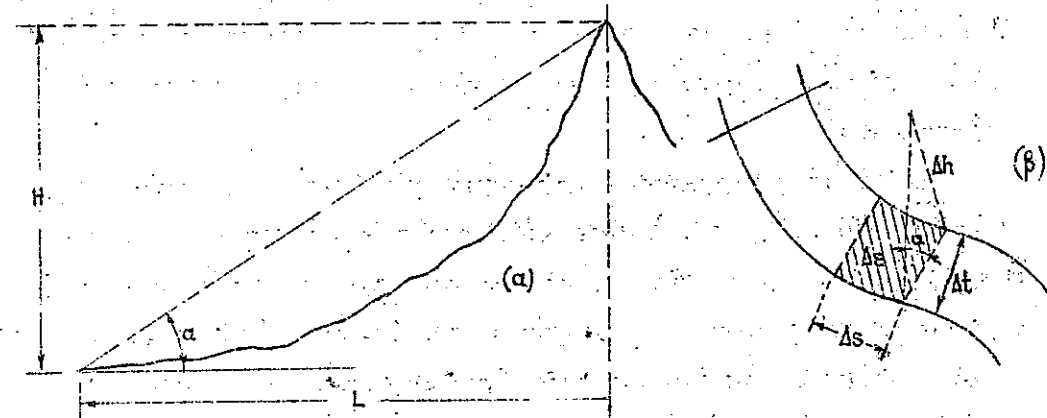


Σχ. 127. Ἐπιμήκης καὶ βραχεία λεκανὴ ἀπορροῆς.

Πλήν τοῦ σχήματος τῆς λεκάνης ἡ γενικὴ κλίσις τῶν κλιτύων ἐπηρεάζεται ὁμοίως τὰς ἀπορροὰς, δοθέντος ὅτι εἰς τὰς ἀποτόμους κλιτεῖς ἡ ταχύτης εἶναι μεγαλύτερα καὶ ἡ εὐρυρροὴ τῶν ἀπορροῶν ταχύτερα.

Ἡ ἐκτίμησις ὁμοῦς τῆς πραγματικῆς κλίσεως τῶν λεκανῶν πρὸς σύγκρισιν αὐτῶν εἶναι δύσερής, δοθέντος ὅτι ἡ κλίσις τῶν

κυρίων ρευμάτων εἶναι μεταβλητὴ ἀπὸ τῶν κορυφογραμμῶν μέχρι τῆς ἐκβολῆς αὐτῶν (Σχ. 128α). Οὕτω ἐάν λάβωμεν εἰς ἐκάστην θέσιν τὴν κλίσιν τοῦ ἐδάφους (βλ. σχ. 128β), ἴσιν μέ :



Σχ. 128. Ραίσις τῶν ρευμάτων.

$$εφα = \frac{\Delta h \Delta s}{\Delta \epsilon} = \frac{\Delta t \cdot \Delta s \cdot εφα}{\Delta \epsilon}$$

$$\left(εφα = \frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{\Delta h \Delta s}{\Delta t \cdot \Delta s} = \frac{\Delta h \Delta s}{\Delta \epsilon} = \frac{\Delta t \cdot \Delta s}{\Delta \epsilon} \cdot εφα = \frac{\Delta \epsilon \cdot εφα}{\Delta \epsilon} \right)$$

$$\text{ἔχομεν } εφα = \sum \frac{\Delta \epsilon \cdot εφα}{\Delta \epsilon} = \sum \frac{\Delta t \cdot \Delta s \cdot εφα}{\Delta \epsilon}$$

ἐνθα $\Delta \epsilon = \Delta s \Delta t$ προβολαί στοιχείων ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους καὶ

$$εφα = \sum \frac{\Delta s \cdot \Delta h}{\Delta \epsilon} = \Delta h \cdot \frac{\sum \Delta s}{\sum \Delta \epsilon}$$

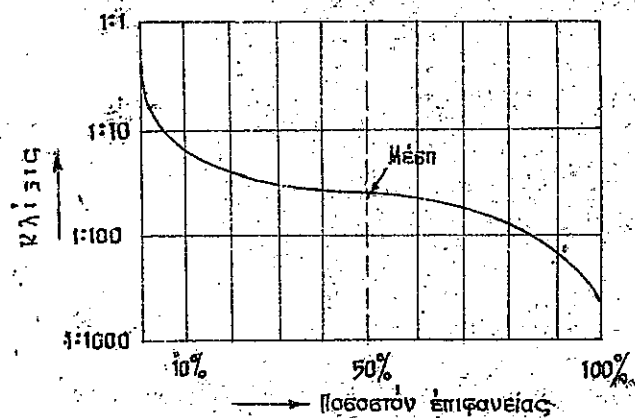
δοθέντος ὅτι Δh , εἰς τὰς ὑψομετρικὰς καμπύλας εἶναι σπηδερός παράγων, εὐρίσκαμεν τὴν μέσιν κλίσιν :

$$εφα = \Delta h \cdot \frac{\sum \Delta s}{\sum \Delta \epsilon}$$

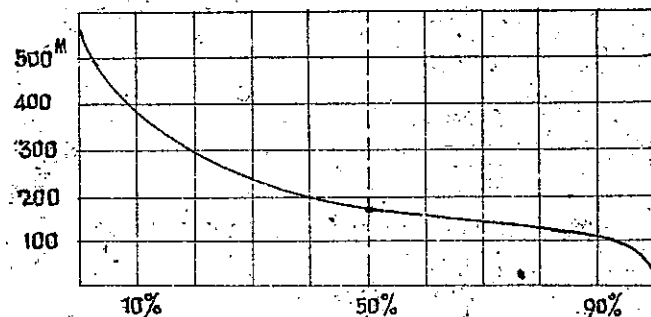
ὅπου Δs καὶ $\Delta \epsilon$ εὐκόλως ὑπολογίζονται γραφικῶς, μὲ μεγάλην βεβαίως κατανάλωσιν χρόνου.

Η κλίσις της λεκάνης δύναται να προσδιορισθῇ καὶ δι' ὑποδι-
ρέσεως αὐτῆς διὰ ἰσοϋψῶν γραμμῶν (λ.χ. ἀνά χιλιόμετρον) καθέτως
περίπου πρὸς τὸ κύριον ρεῦμα, ὅποτε μετῶνται ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἑ-
κτασις καὶ κλίσις τῆς ἐπιφανείας τὰ δὲ ἀποτελέσματα φέρονται εἰς
ἐκατοστιαίας ἀναλογίας ἐπιφανείας) εἰς τὴν καμπύλην τοῦ σχή-
ματος (129).

Διὰ τὸν πληρέστερον καθορισμὸν τῆς λεκάνης ἀπορροῆς ἐπι-
ζητεῖται ἡ συσχέτισις ἐκατοστιαίας ἀναλογίας ἐπιφανειῶν καὶ ἀ-
πολύτων ὑψομέτρων, οὕτως ὥστε νὰ εἶναι γνωστὴ εἰς ἕκαστον ὑ-
ψόμετρον ἡ ἀναλογοῦσα ἐπιφάνεια τῆς λεκάνης (πιθανότης δασι-
κῆς καλύψεως, μελέτη διανομῆς βροχῆς κ.τ.τ.). Εἰς τὸ σχῆμα 130
δίδεται ὁ τρόπος οὗτος ἀναγωγῆς τῶν λεκανῶν.



Σχ. 129. Κλίσις λεκάνης ἐκατοστιαίας ἀ-
ναλογίας ἐκτίσεως αὐτῆς.



Σχ. 130. Ποσοστὸν ἐπιφανείας λεκάνης ἀ-
νω τοῦ ἐνδείκνυμένου ὑψομέτρου.

3. Μορφολογία τῶν ρευμάτων.

Εἰς τὰς ὄρεινὰς, μικρὰς συνήθως, λεκά-
νας ἀπορροῆς με ἀπο-
τόμους, κλιτεῖς ἐκπρα-
τίζονται τὰ πρῶτα ρεῦ-
ματα με περισδικὴν πα-
ροχήν, ὡς ἄμεσον ευνέ-
πειαν τῆς πτώσεως τῶν
βροχῶν ἢ τῆς πίξεως
τῶν χιόνων, καὶ μεγάλην
ταχύτητα, ἅτινα καλοῦ-
μεν **χειμάρρους**.
Λόγω τῶν μεγάλων κλι-
σεων καὶ τῶν ἀποτόμων

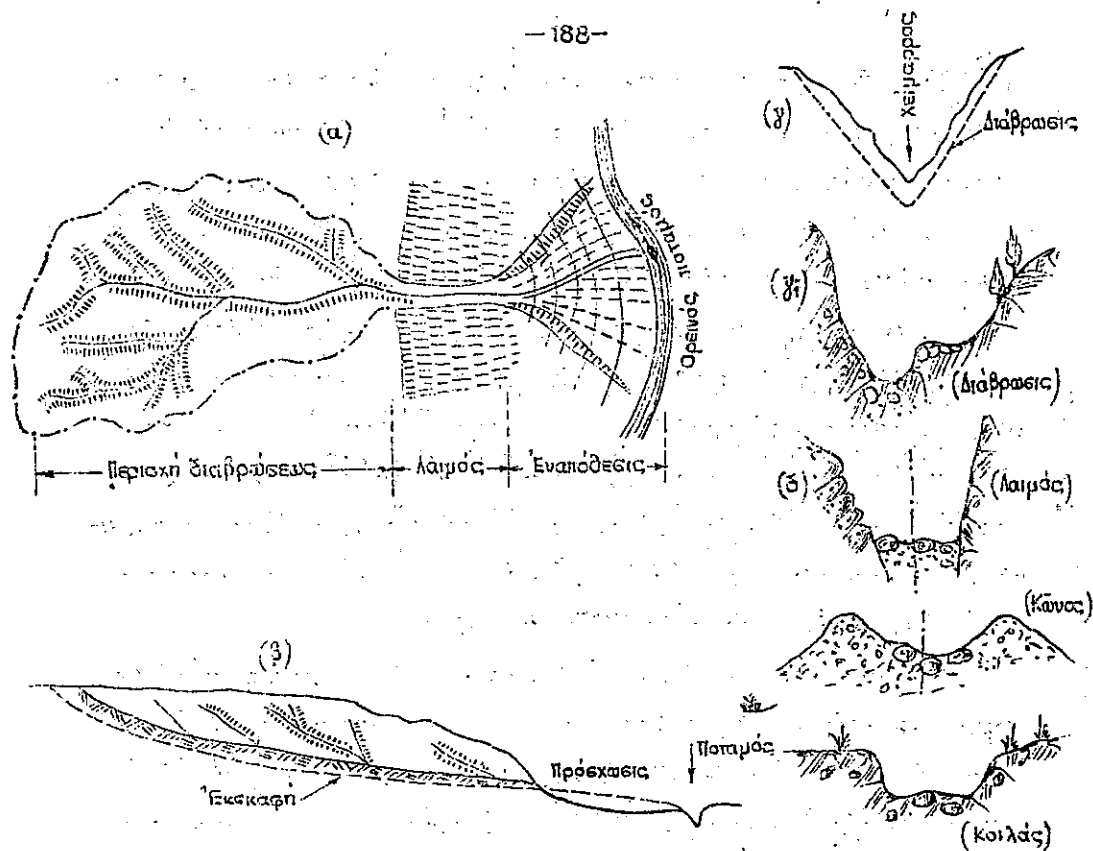
ἀλλαγῶν τῆς παροχῆς αὐτῶν οἱ χειμάρροι μεταφέρουν μέγα φορ-
τίον φερτῶν ὑλικῶν, προκυπτόντων ἀπὸ τὰς διαβρώσεις τοῦ ἑδά-
φους (χημικὰς, βιολογικὰς, μετεωρολογικὰς κ.λ.π.)

Οἱ χειμάρροι εὐθὺς ὡς ἐξέλθουν τῶν φαραγγῶν αὐτῶν, αἱ-
τινες ἐνίοτε ἔχουν ἀρκετὸν μήκος καὶ ἀποτελοῦν τὸν λαιμὸν
αὐτῶν, ἐκκύνονται εἰς ὁμαλότερα ἐδάφη, ἐπὶ μεγάλου πλάτους ὅπο-
τε τὰ βῆδος καὶ ἡ ταχύτης αὐτῶν ἐλαττοῦνται σημαντικῶς με ἄ-
μεσον ευνέπειαν τὴν καθίζησιν τῶν φερτῶν ὑλῶν καὶ ἐχηματισμὸν
τῶν **κῶνων** **ἐναποθέσεων** ἐφ' ὧν πλανᾶται ὁ χειμάρ-
ρος δημιουργῶν διαφόρους κοίτας ἢ μετατιθεμένους ἀπὸ κοίτης εἰς
κοίτην, ἐκχειλίζων συνήθως καὶ προσκαλῶν κατὰ τὰς καταιγί-
δας πλημμύρας τῆς πεδινῆς περιοχῆς.

Εἰς τὸ σχῆμα 131 δίδεται ἡ κάτοψις, ἡ μικροτομή καὶ αἱ δια-
τομαὶ χειμάρρου εἰς τὰ βασικώτερα σημεῖα αὐτοῦ, ἐξ ὧν ἐμφαί-
νεται ἡ μεταφορά τῶν ἐδαφῶν ἡτις λαμβάνει χώραν ὑπὸ τοῦ ὑ-
δατος ἐκ τῆς λεκάνης συλλογῆς τῶν ὑδάτων εἰς τὸν κῶνον ἐκρί-
ψεως ὅστις συνήθως λαμβάνει κανονικὸν ῥιπιδοειδὲς σχῆμα.

Τὰ ὑδατα τῶν ρευμάτων κατερχόμενα εἰς τὰ **πεδινὰ**
τμήματα με μικροτέραν κλίσιν καὶ μικροτέραν ταχύτητα ὅα εἶχον
μικροτέραν ευρτικήν δύναμιν, καὶ μικρότερον φορτίον φερτῶν ὑλῶν
οὐχ ἥττον ὅμως δοθέντος ὅτι πρὸς τὰ κατάντη αὐξάνει ἡ παροχή-
λόγω συγκεντρώσεως πολλῶν παραποτάμων εἰς τοὺς κύριους ὁχ-
γούς - γίνεταί ὅε ἐπὶ πλέον καὶ μόνιμος-ἀντίθέτως πρὸς τοὺς χειμάρ-
ρους ὅπου εἶναι κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον παροδική-ἢ ὀλική παρο-
χὴ τῶν φερτῶν ὑλῶν καταληκτικῶς αὐξάνει συνεχῶς πρὸς τὰ κα-
τάντη.

Εἰς τὸ πεδινὸν τμήμα τῶν ποταμῶν, ὅπου οὗτοι ρέουσιν συνή-
θως εἰς τεταρτογενῆ πετρώματα, ἡ ροὴ αὐτῶν προκαλεῖ συνεχῶς
ὀφειδεῖς κινήσεις ἀποτέλεσμα τῶν ὁποίων εἶναι ἡ **μαιανδρική**
μορφή αὐτῶν. Ἡ γένεσις τῶν **μαϊάδων** ὀφείλεται ἀ-



Σχ. 131. Ρατόφικς και τομή χειμάρρου (Rehbock) και διατομή χειμάρρου

πογκλειστικώς εις την διάβρωσιν των όχθων των ποταμών κατά την οποίαν τα δημιουργούμενα κενά διά της αποχωρήσεως των διαβρωσκομένων υλικών προκαλούν την άπαρχήν των μαιάνδρων, ενώ δια της μεταφοράς και εναποθέσεως αυτών προκαλείται ή προς τα κατόντη μετάδοσις των μαιάνδρων.

Η συνεχής μεταβολή των παροχών (βλ. περαιτέρω διάτα άπορροών εις υδρογραφήματα) έπομένως της ταχύτητας και της κλίσεως του ρεύματος έπιτείνει τό φαινόμενον της διαβρώσεως και των μαιανδρισμών. Όμοίως ή φύσις του υλικού των όχθων, ως είκος, έπιδρά άμέσως επί της θέσεως και του μεγέθους των μαιάνδρων.

Έάν παρακολουθήσωμεν εις κατά μήκος τομήν ενός ποταμού τά βαθύτερα σημεία της κοίτης αυτού παρατηρούμεν μίαν κυματοειδή γραμμίν ήτις παρουσιάζει τά βαθύτερα σημεία αυτής εις τά κοίλα των τόξων και τά άβαθυτέρα σημεία εις τά κυρτά σημεία αυτών (βλ. σχήμα 132).

Όντω αϊ εκ των διαβρώσεων των όχθων φερταί ύλαι μεταφέρονται εχεδόν άμέσως προς τα κατόντη εις την έναντη όχθην και τό εὐδύχραμμον τμήμα ένθα καθιζάνον, ένω και μέρος αυτών εύρεται προς τα κατόντη.

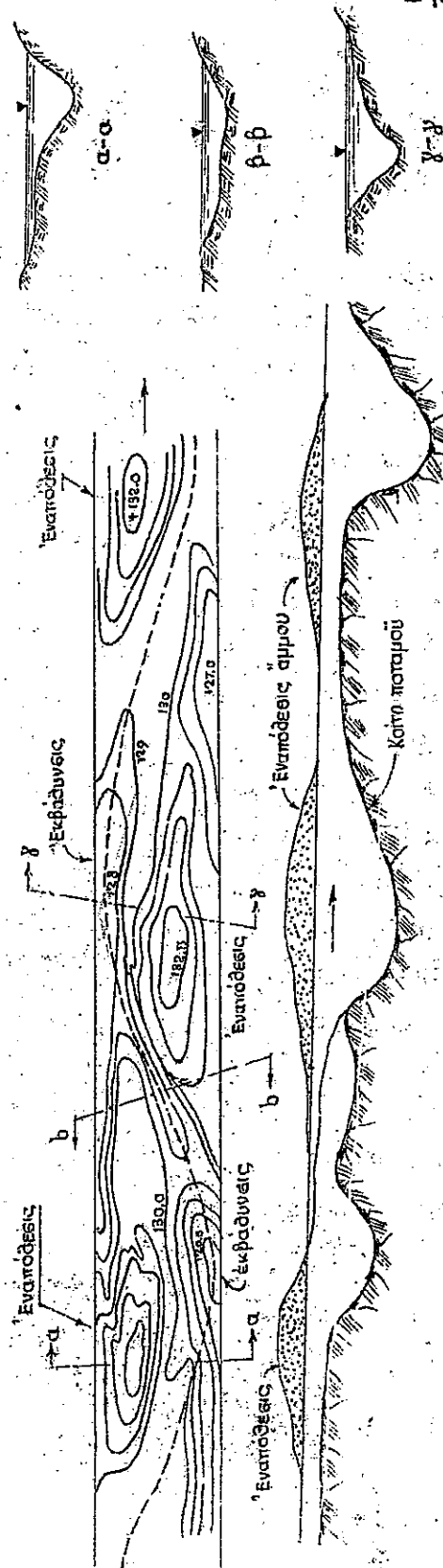
Η καμπυλότης των μαιάνδρων αυξάνει γενικώς έφ' όσον βένομεν προς τα κατόντη ίδια λόγφ αυξήσεως της παροχής. Οί μαιανδρισμοί του ύδατος αυξάνουν επίσης - των άλλων συντελεστών παραμενόντων σταθερών - μετά της κλίσεως του ποταμού.

Όντω εις τό σχήμα 132^α δείκνυνται οί μαιάνδροι σχηματιζόμενοι υπό της αυτάρς κατά τα άλλα συνθήκας εις πεδιάδας με διάφορους κλίσεις : 6, 7,5 και 9%.

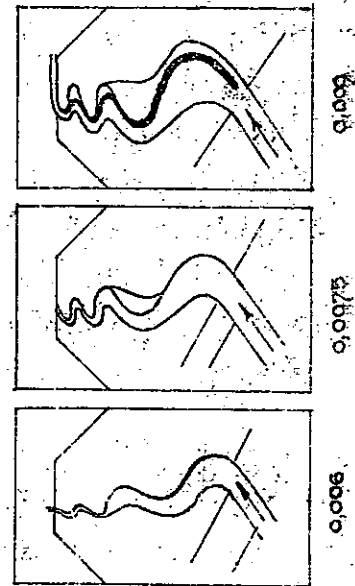
Ένίστε οί μαιάνδροι τείνουν να γίνουν τελείως κλειστοί (133β) όποτε ένσυνται τά άκρα αυτών και σχηματίζονται χωριεταί λίμναι σχήματος κέρατος (σχήμα 133 γ). Ρατά την διευθέτησιν των ποταμών ένίστε αποκόπτομεν τούς μαιάνδρους σχηματίζοντας ήπιωτέραν τούτων μορφήν, μόνον όμως κατόπιν έπισταμένης μελέτης των άπορροών των ύδάτων και φερτών υλών και της έκποινήσεως ειδικών τεχνικών έργων (σχ. 133δ).

Αϊ έ κ β σ λ α ι των ποταμών εις μεγαλυτέρους ποταμούς, λίμνας ή θαλάσσιαν παρουσίαζουν τά δ έ λ τ α ένθα γίνεται λόγφ της έλαττώσεως της ταχύτητας, εναποθέσις των μέχρις εκεί ευρομένων λεπτοκόκκων υλικών και παρουσιάζονται ευχρόνως πολλάι μικραί κοίται (βλ. σχήμα 134^α).

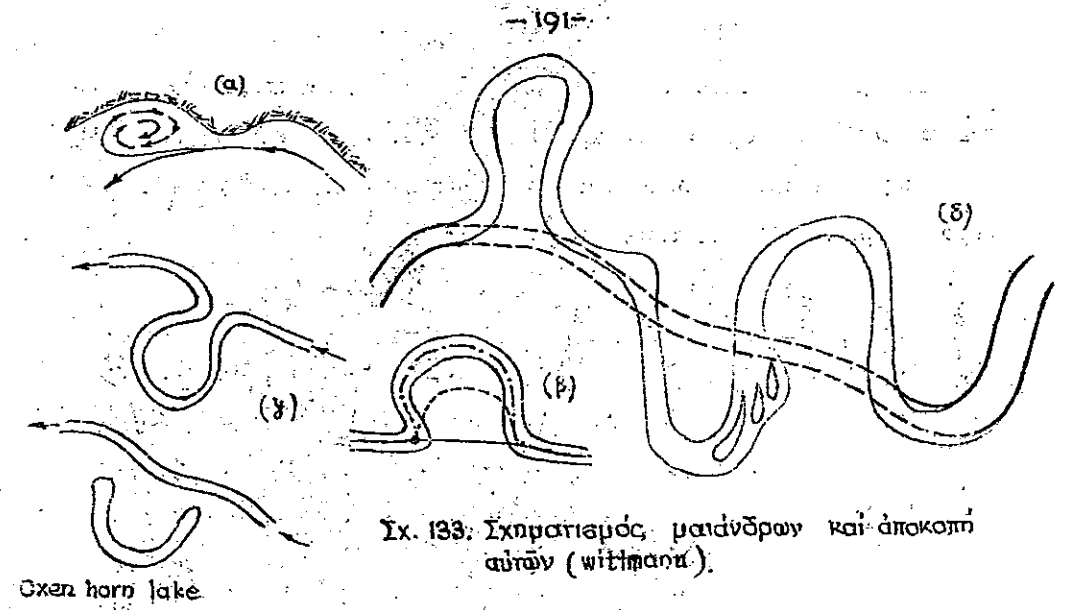
Εις ποταμούς με όλίγας φερτάς ύλας ή έκβολή λαμβάνει χοανσειδή μορφήν, εις περίπτωσιν δε μεγάλης διακυμάνσεως



Σχ. 132. Μεσοποταμίου ποταμού εις τὰ βαθύτερα, επιρρεΐα της κοιτης και ἀρχή εκρηματισμού Μαιάνδρων. (Brenter).

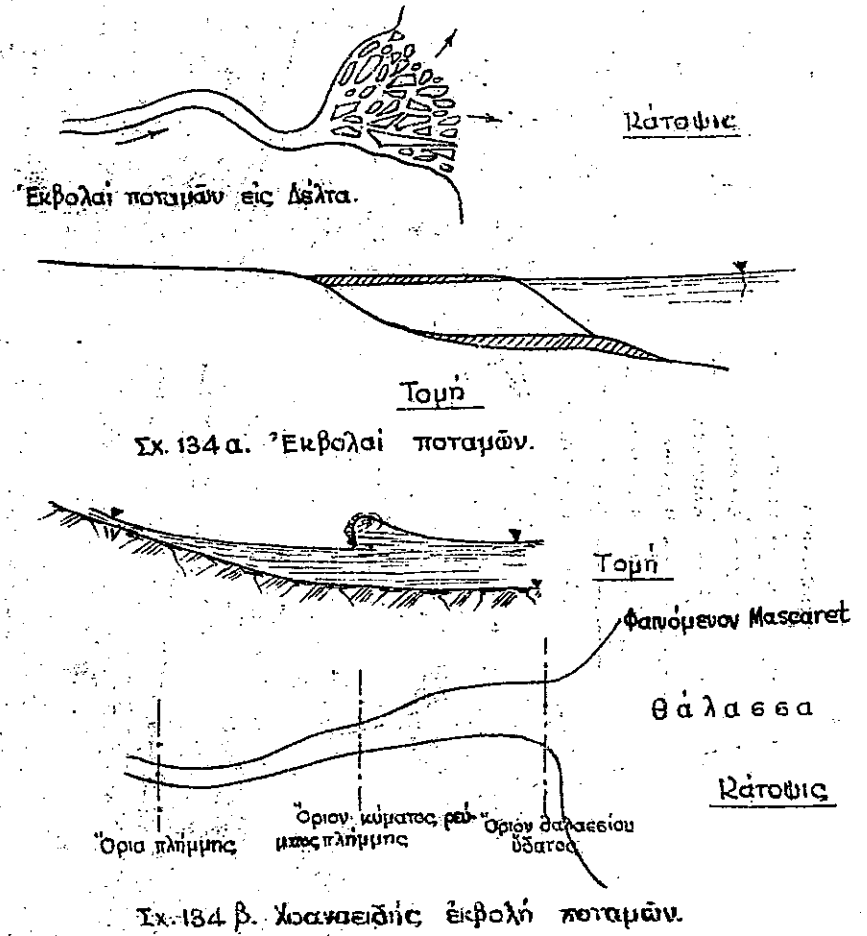


Σχ. 132α. Σχηματισμοί μαιάνδρων με διαφορετικὰς κλίσεις, πείδας (Επιτροπή ποταμού Μισισσιπή).--



Σχ. 133. Σχηματισμός, μαιάνδρων και ἀποκοπή αυτών (withman).

Oxen horn lake

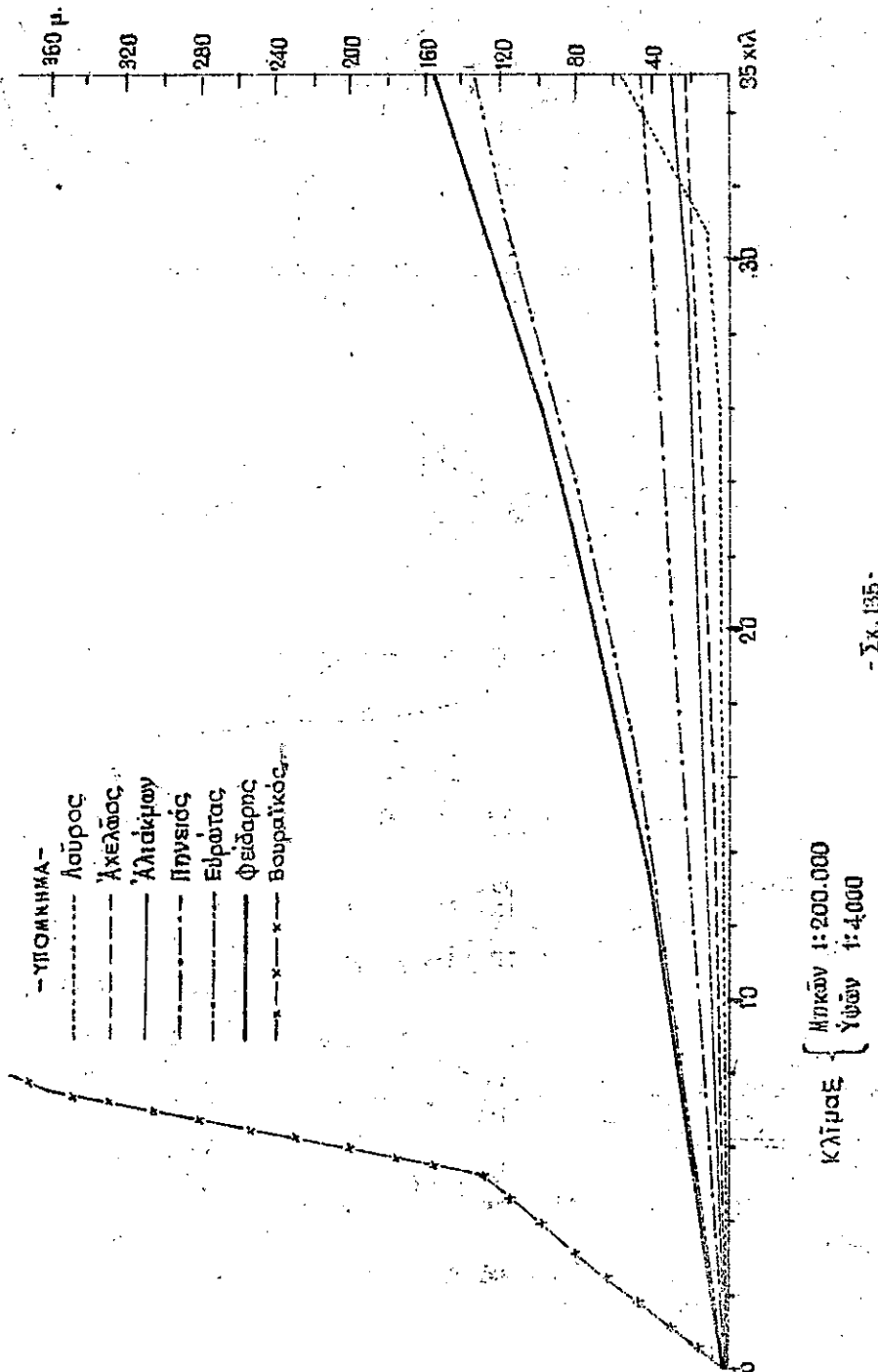


Σχ. 134 α. Έκβολαί ποταμών.

Σχ. 134 β. Χοανσειδής έκβολή ποταμών.

της στάθμης της θαλάσσης το παλιρροϊακόν κύμα εθερκεται έντως του ποταμού (φαινόμενον Mascaret) ως έμφαίνεται εις τό σχήμα (134 B).

Είς τό έπόμενον σχήμα διδεται αί μπκοτομαί μερικων έκ των κυριωτέρων ρευμάτων της Ελλάδος (σχ. 135).



- Σχ. 135 -

Β. Μέτρησις των άπορροών

Διά την καλλιτέραν μελέτην των υδραυλικών έργων δέον να υπάρχουν συνεχείς πολυτελείς μετρήσεις των επιφανειακών άπορροών και να μην εκτιμώνται αύται έκ της βροχής διά της άφαιρέσεως των άπαιλειών.

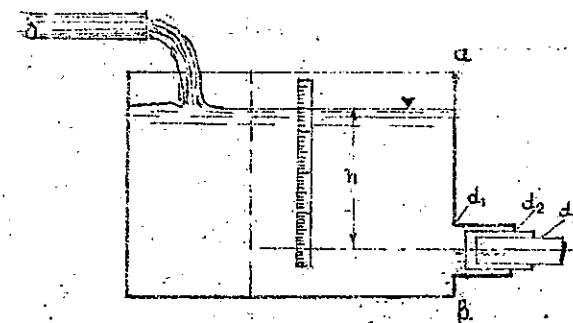
Αί μέθοδοι μετρήσεως διακρίνονται εις άρέεους και έρμέεους.

1. Άμεσοι μέθοδοι

1.1. Διά μικράς ποσότητας ύδατος και όπου η παροχή είναι δυνατόν να συγκεντρωθή εις μίαν φλέβα ύδατος με άρκετήν διαφοράν στάθμης (ως λ.χ. εις πηγάς ή μικρά ρεύματα με ικανήν κλίσειν του έδαφους) η μέτρησις δύναται να γίνη. Ό γ κομμετρικώς, διά καταμετρήσεως του χρόνου t του άπαιτούμενου διά την πλήρωσιν δοχείου γνωστού όγκου Ω . Τότε η παροχή είναι

$$Q = \Omega : t \quad [m^3/\delta\lambda\omicron\nu]$$

1.2. Υπό παρομοίας τοπογραφικάς και υδρολογικάς συνθήκας η μέτρησις δύναται να γίνη διά όσχείων μετρήσεων. Είς τό σχήμα 136 έμφαίνεται δοχείον με όπών ένδα δύναται να εφαρμόζονται επί-

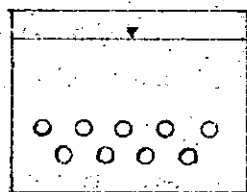


Σχ. 136. Μετρητικόν δοχείον μετ' όπής.

ται να εφαρμόζονται επί-στάμια όκιεόρων διαμέτρων ανάλογως της παροχής.

Η παροχή υπολογίζεται εύχερώς έκ του τιτου $Q = v \cdot f = c \sqrt{2gh} \cdot f$ ένδα f η επιφάνεια της όπής και h τό ύψος της

στάθμης του ύδατος, άνωθεν του κέντρου της όπης, αναχινωσκόμενον εις σταθμημετρικόν πήκυν.



Σχ. 137. Μετρητικόν δοχείον μετά περιεσοτέρων όπών.

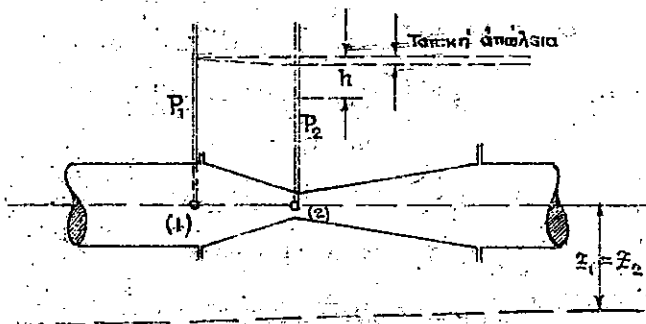
Αντί μιας όπης δυνάμεθα εις την πλευράν α-β του δοχείου (Σχ. 136) να έχωμεν μίαν ή περισσότερας ειρᾶς όπών (βλ. σχήμα 137) ούτως ώστε δι' άνεώξεως μιας ή περισσότεραν (των λοιπών φραεσόμενων διά ποικύτων) να επιτυχάνωμεν σταθεράν στάθμην έντός του δοχείου και να υπολογίζωμεν πάλιν την παροχήν, ως άδραιομα των παροχών των άνοικτών όπών:

$$Q = \sum u_i f_i = \sum c_i \sqrt{2gh_i} \cdot f_i$$

Συνήθως επιδιώκεται τό ύψος h να είναι ίσον πρὸς 26,15 χιλισμέτα, όποτε διά διάφορου μεγέθους όπας D, έχομεν τὰς παροχάς :

D = 26,15 χιλ.	Q = 54,72 m³/ήμεραν.
13,08 "	10,88
6,54 "	2,82
3,25 "	0,78

1.3. Διά υπάρχουσας ίκανήν κλίειν και σχετικῶς μικράς παροχάς είεέτι, δυνάμεθα να χρησιμοποιήσωμεν τούς σωλήνας Ventouri, εις οὓς αναχινώσκεται ή πλευς του ύδατος εις



Σχ. 138. Μετρητής Ventouri

τα σημεία ① και ② και εφαρμόζεται ή εξίσωσις του Bernoulli.

$$\frac{u_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} \quad (z_1 = z_2) \quad \eta'$$

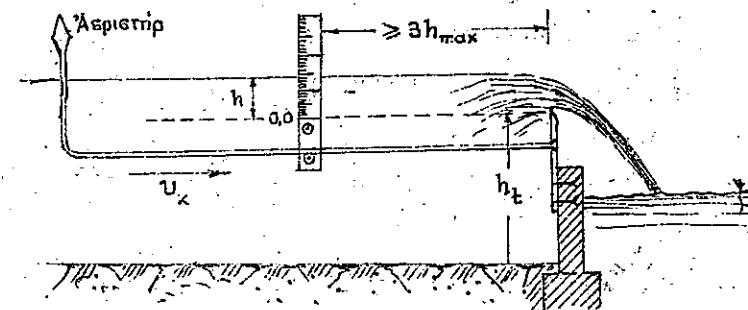
$$\frac{u_1^2 - u_2^2}{2g} = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} = h$$

και επειδή $u_1 = \frac{Q}{\pi d_1^2/4}$ και $u_2 = \frac{Q}{\pi d_2^2/4}$ έχομεν $h = \frac{Q^2}{2g\pi^2} \left(\frac{D^4 - d^4}{d^4 D^4} \right)$

ήτοι $Q = \mu \frac{F_1 F_2}{(F_1^2 - F_2^2)^{1/2}} \sqrt{2gh} = K \cdot h$

ήτοι άμεσος προσδιορισμός της παροχής Q εκ του ύψους h.

1.4. Την ευνηδετέραν, εκ των άμεσων μεθόδων, μέτρησιν της παροχής εις μικρά ρεύματα αποτελεί ή διά των εκχειλιστών μέθοδος μετρήσεως, κατά ταύτην κατασκευά-



Σχ. 139. Έλεύθερος εκχειλιστής.

ζεται μονίμως (εις μεγαλύτερα ρεύματα) ή τοποθετείται προσωρινῶς, εις εκχειλιστής, ως εμφάνιεται εις τό σχήμα (139) και μετράται τό ύψος του φορτίου ή υπεράνω της αίχμηρας στεφείας του εκχειλιστού. Υπολογίζεται νυν εύχερῶς ή παροχή δι' ενός εκ των τύπων των εκχειλιστών.

$$Q = c \cdot b \left[(h - h_k)^{3/2} - h_k^{3/2} \right]$$

ένθα b τὸ πλάτος τοῦ ἐκχειλιστοῦ, ἢ τὸ ὕψος φορτίσεως αὐτοῦ καὶ h_k τὸ ὕψος τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν ταχύτητα προσπελάσεως τοῦ ὕδατος U_k , ἥτοι: $h_k = U_k^2 / 2g$ (βλ. ε.κ. 139).

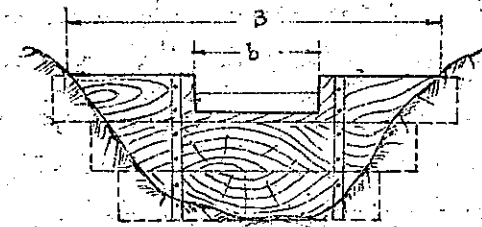
Ὁμοίως δύναμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν τὸν τύπον τοῦ Rehbock (βλ. μαθήματα υδραυλικῆς) ἢ τοῦ Bazin:

$$Q = \left(0,405 + \frac{0,003}{h} \right) \left(1 + 0,55 \left(\frac{h}{h+l} \right)^2 \right) b h \sqrt{2gh}$$

Εἰς μονίμους ἐγκαταστάσεις δεόν νὰ ἀκολουθοῦνται τὰ ἀνω-
λουδα μέτρα:

- Τὸ πλάτος τοῦ φρεαγματος νὰ εἶναι ἴσον μὲ τὸ πλάτος τοῦ ρεύματος (οὐδεμίᾳ συστολῇ)
- Ὁ ἐκχειλιστής νὰ εἶναι ἐλεύθερος καὶ νὰ κυκλοφορῇ ὁ αἶρ κατω τῆς υδραυλικῆς ἀκτίνος.
- τὰ τοιχώματα τῆς διαφύρας νὰ εἶναι εὐθύγραμμα καὶ παράλληλα μεταξὺ των.
- ὁ πυθμὴν καὶ αἱ παρειαὶ νὰ ἔχουσιν κατὰ τὸ δυνατόν λείας παρειάς.
- ἡ στέψις ν' ἀποτελεῖται ἀπὸ αἰχμηρὸν ἄκρον ἐπὶ ἐλάσμα-
τος πλάτους 5 κίλ/ετῶν.
- τὸ ὕψος τῆς στέψης ἀνωθεν τοῦ πυθμένου νὰ μὴν ὑπερ-
βαίνει τὰ δύο μέτρα.
- ἡ ταχύτης προσπελάσεως νὰ εἶναι μικρά
- ἡ μέτρσις σταθμῆς νὰ γίνεται ἀμφιβῶς καὶ δὴ κατὰ προ-
σεγγίειν δι' αἰχμηρῶν ἀκίδων ὡς εἰς τὰ ἐργαστήρια.

Διὰ προχείρους μετρήσεις καὶ διὰ μικρὰ ρεύματα δύναμε-
θα νὰ κατασκευάσωμεν προχείρους ἐκχειλιστάς ἐκ λαμαρίνης ἢ
ξύλειας, (βλ. ε.κ. 140) ὑπολογίζομεν δὲ τότε αὐτοὺς ὡς ἐκχει-
λιστάς μετὰ συστολῆς, χρησιμοποιοῦντες ἄλλ. τὸν τύ-
πον τοῦ Hegly:

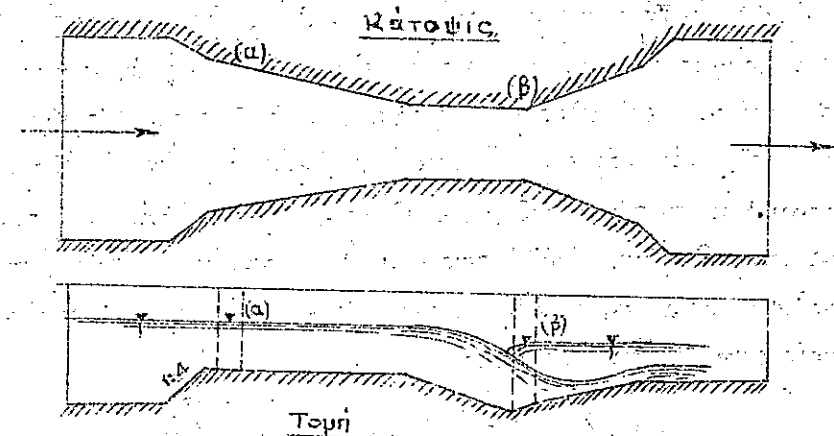


Σχ. 140. Ἐλεύθερος ἐκχειλιστής μετὰ συστολῆς

$$Q = m \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2}$$

$$\text{ένθα } m = \left(0,405 - 0,030 \frac{B-b}{B} + \frac{0,0027}{h} \right) \left[1 + 0,55 \left(\frac{B}{B} \frac{h}{H} \right)^2 \right]$$

1.5. Εἰς περίπτωσιν καθ' ἣν δὲν ὑπάρχει ἱκανὴ κλίσις τοῦ ἀγω-
γῶν καὶ ἡ φύσις τοῦ ὕδατος δὲν ἐπιτρέπει μικρὰς ταχύτη-
τας λόγῳ ἐνδοχόμενης ἀνεπιθυμητοῦ καθιζήσεως φερτῶν ὑλῶν (ὡς εἰς
ἀρδευτικὰς διαφύρας ἢ ἀγωγούς ὑπονόμων), χρησιμοποιοῦνται οἱ ἀγω-
γοὶ Venturi ἢ τὰ φρεῖ Parshall, ἀναπτυχθεῖσαι προσφάτως. Οἱ ἀγω-
γοὶ οὗτοι εἶναι ἀνοικτοὶ, ἐλεύθερας ροῆς παρουσιάζουσιν δὲ ἐτε-
ρῶν ἐν κατάψει καὶ μηκοτομῇ, ἡ δὲ παροχὴ μετροῦται ἀπ' ἐν-



Σχ. 140β. Τάφρος Parshall

θείας διὰ τῆς διαφορᾶς τῶν σταθμῶν πρὸ καὶ μετὰ τὴν στενωπὴν
(βλ. ε.κ. 140α). Εἰς τὰ φρεῖα α καὶ β τοποθετοῦνται σταθμόμετρα

καί ἡ διαφορά τῶν ἐνδείξεων αὐτῶν ἀναχινωσκομένη ἐπὶ εὐός αὐτογράφου ἐταδμημέτρου ἀπ' εὐθείας δίδει, τῇ μεσολαβήσει πινακῶν, τὴν παροχὴν. Εἶναι εὐνόητον ὅτι ἡ θεωρητικὴ μελέτη τῶν πειραμάτων τούτων εἶναι δυσχερὴς, ἀνάγεται δὲ πάντοτε ἡ χρησιμοποίησις τῶν εἰς ἐφαρμογὴν γινωστῶν διαστάσεων ἐκ πειραματικῶν ἐρω-νῶν.

2^{ον} Ἐμμεσοὶ μέθοδοι

Ὅπου δὲν εἶναι δυνατόν νὰ μετρηθῇ ἀπ' εὐθείας ἡ παροχὴ τοῦ ὕδατος (μέθοδος 1.1, 1.2, 1.3, 1.4) ἴδιᾳ ὅταν τὸ μέγεθος αὐτῆς εἶναι μεγάλο ἢ δυσχερὴς ἡ συγκέντρωσις αὐτῆς εἰς περιορισμέ-να σημεῖα, χρησιμοποιοῦμεν τὰς ἐμμέσους μεθόδους.

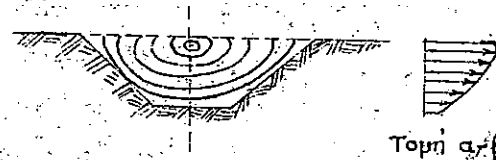
2.1. Ἡ χημικὴ μέθοδος χρησιμοποιεῖται μόνον εἰς χει-μάρρους μετὰ λίαν ἀνώμαλον κοίτην. Κατὰ τὴν μέθοδον αὐτὴν συγ-κεντροῦται ἡ ὅλη παροχὴ εἰς εἷς σημεῖον (ἀλλὰ καὶ λ.χ. ἐντὸς τοῦ χειμάρρου) καὶ προστίθεται συνεχῶς εἰς τὸ ὕδωρ γινωστὴ ἱσχυρὰ διάλυσις ἁλατος τίνος μετὰ σταθερᾶς παροχῆς q (συνή-θως γραμμάρια τινα ἀνὰ ὄλον), εἰς ἱκανὴν δὲ ἀπόστασιν πρὸς τὰ κατόντη (μετὰ πλήρη ἀνάμιξιν τῆς διαλύσεως εἰς ὅλον τὸν ὄ-κον τοῦ πρὸς μέτρησιν ὕδατος) ἀνιχνεύεται ἡ ἐν τῷ ὕδατι ἀνευ-ρικομένη πρὸς τοῦ προστεθέντος ἁλατος. Ἐὰν Δ ἡ πυκνότης τῆς προστιθεμένης διαλύσεως καὶ δ ἡ πυκνότης αὐτῆς μετὰ τὴν διάλυσιν τῆς εἰς τὸ ρέον ὕδωρ τότε ἡ παροχὴ τοῦ ρεύματος Q εὐρίσκεται ἐκ τῆς σχέσεως:

$$q \cdot \Delta = (Q + q) \cdot \delta \quad \text{ἢτοι} \quad Q = q \left(\frac{\Delta}{\delta} - 1 \right)$$

Εἶναι προφανές, ὅτι ἡ ἀνιχνεύσις τοῦ ἁλατος δεόν νὰ γίνεταί μετ' ἐξαιρετικῆς ἀκριβείας καὶ ὅτι παρ' ὅλα ταῦτα ἡ μέθοδος δύ-ναται νὰ ὁδηγήσῃ εἰς ἱκανὸν ἐφάλμα.

2.2. Ἡ μέτρσις τῆς ταχύτητος, τοῦ ὕδατος, ἀποτελεῖ τὴν

ἀσφαλεστέραν μέθοδον μετρήσεως, τῆς παροχῆς, ὅθεν-τος ὅτι γινωστῆς οὖσης τῆς ταχύτητος καὶ τῆς διατομῆς εὐρίσκε-ται ἡ παροχὴ. Ὡς ἔχει ὁμως πιστοποιηθῇ ἐκ παρατηρήσεων ἡ ταχύτης εἰς κανονικοὺς ἀγωγούς δὲν εἶναι ὁμοιόμορφος ἀλλὰ μεταβάλλεται εἰς τὰ διὰφορα σημεῖα τῶν ἀγωγῶν ἐλαττωμένῃ πρὸς

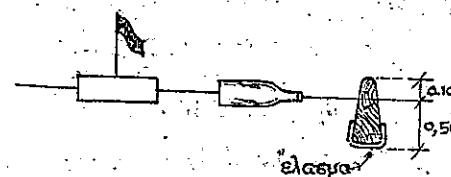


Σχ. 141. Διανομὴ ταχυτήτων εἰς ἀνοι-κτούς ἀγωγούς.

τὰς παρειάς καὶ ἀνα-νομένη πρὸς τὸ κέν-τρον καὶ ἐμφανίζουσα τὴν μεγίστην αὐτῆς τι-μὴν συνήθως ὀλίγον κα-τωθεὶν τῆς ἐπιφανείας εἰς τὸ κέντρον. Ἐνι με-γαλύτερα παρουσιαζε-ται ἡ ἀνομοιομορφία εἰς ἀκανονιστοὺς ἀγω-γούς, ὅπως εἶναι αἱ κοί-ται τῶν περισσότερων φυσικῶν ρευμάτων.

Ἐν τῇ αὐτῇ περιπτώσει διὰ τὴν ἀκριβῆ καταμέτρησιν τῆς πα-ροχῆς δεόν νὰ προσδιορίζεται ἡ ταχύτης εἰς περισσότερα σημεῖα, καὶ νὰ καράσσονται αἱ ἰσοταχεῖς καμπύλαι (βλ. σχ. 141), καὶ ἐξ αὐτῶν νὰ υπολογίζεται ἡ παροχὴ.

Διὰ λίαν προχείρους καταμετρήσεις μετράται ἡ ἐπι-φανειακὴ ταχύτης δι' ἀπλῶν πλωτήρων (βλ. σχ. 142) καὶ υπολογίζε-ται ἡ μέση ταχύτης ἐμπει-ρικῶς καὶ κατὰ προσέγγι-σιν, διὰ τοῦ τύπου τοῦ Hoyt:



Σχ. 142. Τύποι πλωτήρων.

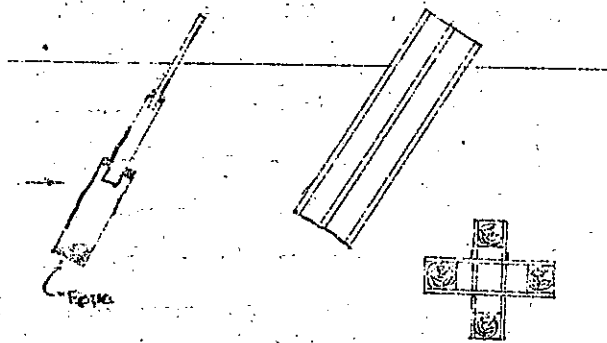
$$U_{\text{μέσ}} = U_{\text{επιφ}} \left(0.79 + \frac{2.80}{\frac{\text{πλάτος}}{\text{βάθος}} + 8} \right)$$

Τότε η παροχή είναι:

$$Q = U_{\text{μέσ}} \cdot F$$

ένθα F η διατομή του ρεύματος.

Ενίοτε οι πλωτήρες είναι κατά μέγα μέρος βυθισμένοι, εν τῇ προσπαθεία, όπως η ὑψ' αὐτῶν λαμβανομένη ταχύτης ἀντιστοιχῇ ἀπ' εὐθείας, εἰς τὴν μέσην ταχύτητα τοῦ ρεύματος (βλ. Σχ. 143).
Επὶ τούτων ὁμως οὐκ ὑπάρχει ἔνδειξις τις ἀκρίβειας μέχρι τοῦδε.



Σχ. 143. Ράβδοι-πλωτήρες.

Λείψας διαφορὸν ταχύτητα καὶ ἡ ἀκρίβεια αὐτῶν - ἔστω καὶ διὰ τὴν μέτρησιν ἐπιφανειακῆς ἢ μέσης ταχύτητος - εἶναι ἐλαχίστη. Συνήθως φέρονται καὶ ἐπικολλῶνται εἰς τὰς ὀχθὰς.

Διὰ τὴν ἀκριβεστέραν μέτρησιν τῆς ταχύτητος, χρησιμοποιοῦμεν ὄργανα ἅτινα λαμβάνουν γεωμετρικῶς καθορισμένην σταθερὰν θέσιν ἐντὸς τῆς διατομῆς καὶ μᾶς δίδουν ἀκριβῆ τιμὴν τῆς ταχύτητος εἰς τὴν θέσιν ταύτην.

Τοιαυτοτρόπως διὰ μετρήσεων εἰς διαφόρους θέσεις καθάρισ-
μεν τὰς ἰσοταχεῖς καμπύλας, συμφώνως πρὸς τὸ σχῆμα (141) καὶ ὑπο-
λογίζομεν τὴν παροχὴν.

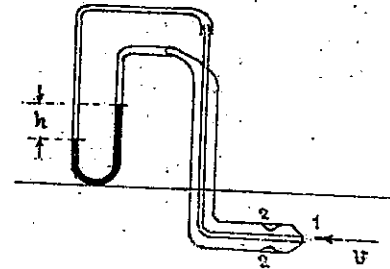
Εἰς περίπτωσιν λίαν μικρῶν διατομῶν (περιωρισμένοι ἀρδευ-
τικοὶ αὐλάκες) χρησιμοποιοῦμεν πρὸς τοῦτο τοὺς σωλήνας Prandtl
(βλ. σχ. 144) ὅπου ἡ διαφορὰ τῶν σταθμῶν ἢ τοῦ μανόμετρον μετρεῖ

Τὸ μέγα μειονέ-
κτημα τῶν πλωτήρων
γενικῶς εἶναι ὅτι οὗτοι
λαμβάνουν διαφόρους
τροχιάς ἐν κατ' ὅ-
ψει ἐντὸς τοῦ ρεύμα-
τος καὶ ἐπομένως ἀπὸ
στιγμῆς εἰς στιγμὴν εὐ-
ρίσκονται ἐπὶ ὑδατί-
νων τροχιῶν ἔχουσιν τε

τὴν διαφορὰν τῶν πιέσεων εἰς τὰ σημεῖα 1 καὶ 2 ἥτοι:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{U^2}{2g} - \frac{P_2}{\gamma} = \frac{U^2}{2g} \quad (\text{δοθέντος, ὅτι } P_1 = P_2)$$

καὶ δίδει τὴν ταχύτητα $U = \sqrt{2gh}$.



Σχ. 144. Σωλήν Prandtl

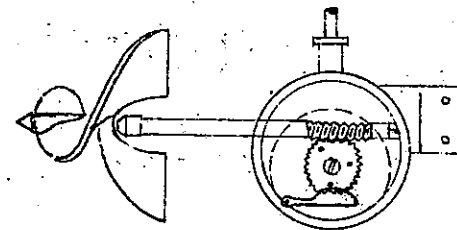
Τὸ βασικόν ὄργανον καὶ ἐκδοὺς ἀπο-
κλειστικόν ὄργανον μετρήσεως τῶν
παροχῶν ἀποτελοῦν ἐνήμερον οἱ
μυλίσκοι.

Κύριον χαρακτηριστικόν τμήμα αὐ-
τῶν ἀποτελοῦν τὰ πτερύγια, ἅτι-
να διὰ τοῦ ρέοντος δι' αὐτῶν ὁδα-
τος περιστρέφονται μεταδίδοντα

τὴν κίνησιν αὐτῶν εἰς στέλεχος

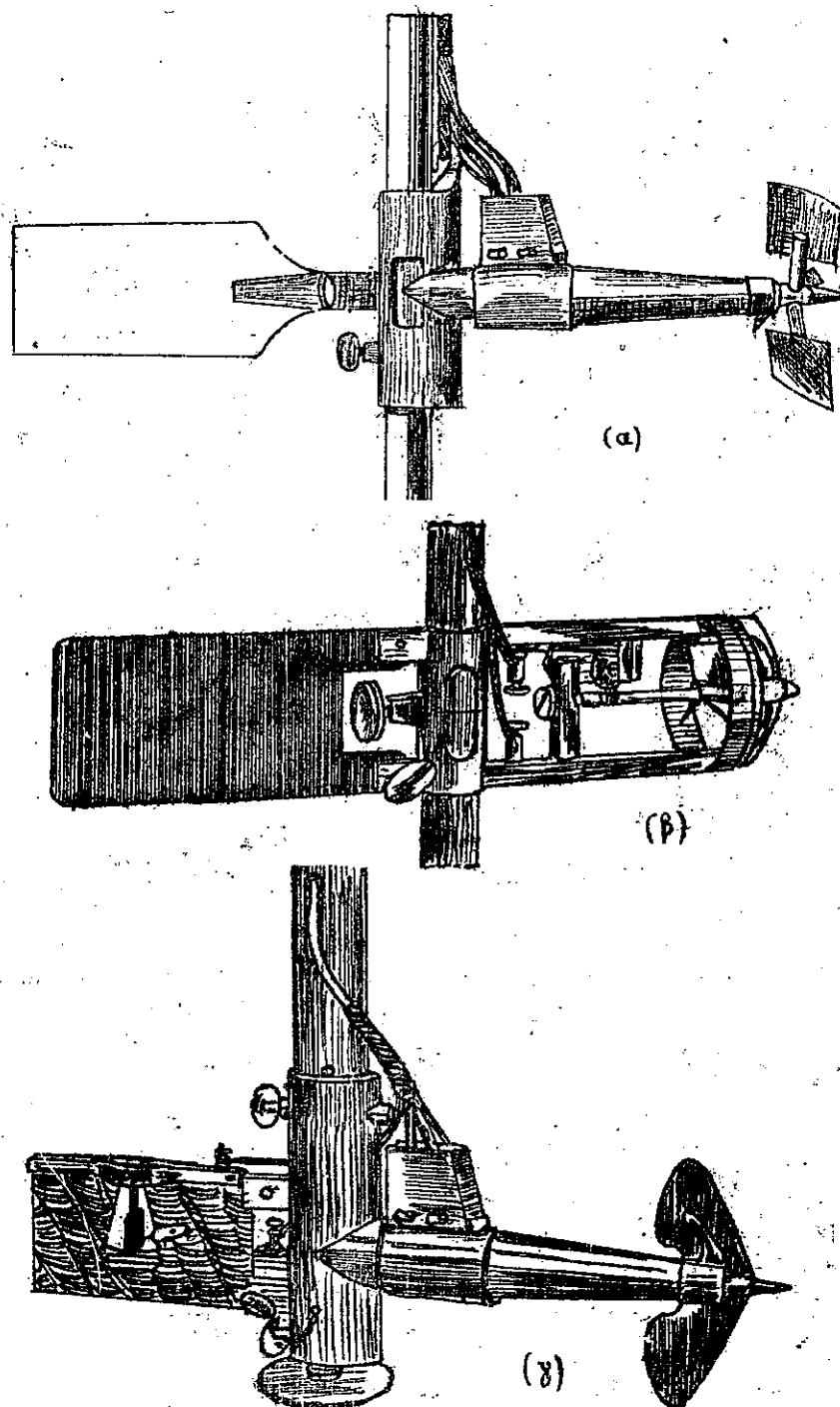
μέ ἀτέρμονα ἐλίκωσιν, δι' ἧς περιστρέφεται εἰς ὀδοντωτὸς τρο-
χός. Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐτροφῶν τῶν πτερυγίων (ἢ τοῦ τροχοῦ) μετα-
δίδεται διὰ καλωδίων (μέσῃ ευσωρευτοῦ) εἰς κωδωνίσκον ἠχοῦντα
δι' ἑκάστην ἐτροφὴν.

Ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν κωδωνισμῶν, - ἐμμέσως τῶν ἐτροφῶν τῶν
πτερυγίων, - ὑπολογίζεται ἡ ταχύτης τοῦ ὕδατος. Τὰ ὄρ-
γανα ταῦτα ρυθμίζονται εἰς ἐργαστήριον (τοποθετούμενα εἰς ἠλεκ-
τρικὸν εὐρῶν ἔλκοντα ταῦτα μέ σταθερὰν ταχύτητα ἐντὸς ἀκίνη-
του ὕδατος) καὶ δίδεται ἡ καμπύλη τῆς συναρτήσεως
ἐτροφῶν καὶ ταχύτητος.



Σχ. 145. Γενικὴ διάταξις μυλίσκου.

Αἱ τρεῖς κυριώτεραι
μοφαὶ τῶν πτερυγίων δίδον-
ται εἰς τὸ σχῆμα 145 ὃ τῷ-
πος (α) κινεῖται διὰ τριῶν
διακεκριμμένων πτερυγίων
φερομένων εἰς τὸ ἄκρον στε

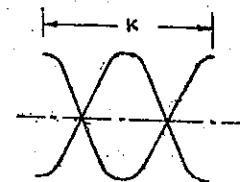


Σχ. 146. Τύποι μυλίσκων.

λεχών άτινα μεταδίδουσιν την κίνησιν εις τον οδοντωτόν τροχόν. Ο τύπος β αποτελείται από τρία ευηθώς πτερύχια άμέσως κινούντα τον τροχόν και τέλος ο τύπος γ αποτελείται από έλικά ευνδεδωμένην εις τον τροχόν και έχουσαν ώρισμένον βήμα.

Η μέτρησις βασίζεται εις την εξέλιξιν δίδουσαν την ταχύτητα του ύδατος u ως συνάρτησιν του βήματος της έλικος k

και του θεωρητικού αριθμού των στροφών n ήτοι



$$u = k \cdot n$$

λόγω άντιστάσεων εις την ροήν του ύδατος και των εκηματιζομένων στροβιλισμών ο πρα-

γματικός αριθμός στροφών n είναι μικρότερος του θεωρητικού, δίδονται δε υπό των έρ-

χόμενων κατόπιν πειραμάτων, σι-πράκτικοι.

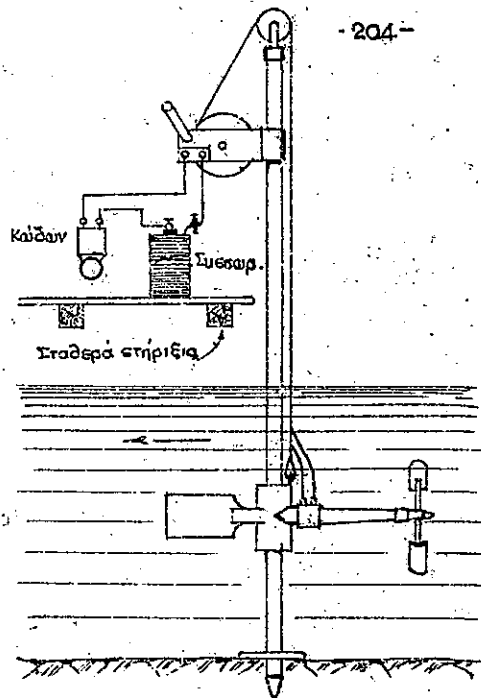
Τύποι των οργάνων τούτων, υπό πολυπλόκων έυρίσκει τύπων αναγομέων δι' απλούστευσιν εις την μορφήν

$$u = a + b n$$

ένθα a, b σταθεραί του οργάνου και n ο αριθμός των στροφών.

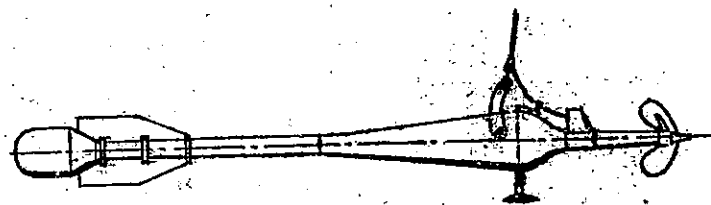
Η πρακτική χρησιμοποίησις των μυλίσκων έντός του ύδατος γίνεται δι' δύο κυρίως μεθόδων ήτοι (α) ή όλιεθαίνει ο μυλίσκος εις σταθεράν ετέλεχος τοποθετούμενον έντός του ρεύματος (είτε στήριζόμενον εις τον πυθμένα δι' ούτου είτε αναρτώμενον εκ σώματος εκτός του ύδατος βλ. λ.χ. σχ. 148) όποτε και καλεϊται **ετέλεχο μυλίσκος** ή (β) αναρτάται ο μυλίσκος δι' σώματος έντός του ρεύματος (σχ. 149) όποτε και καλεϊται **κολυμβομυλίσκος**.

Η έπιτέλεσις της μετρήσεως δι' των μυλίσκων γίνεται αναλόγως των τοπικών ευνηκών. Δι' μικρά ήρεμα ρεύματα οι μυλίσκοι αναρτώνται έξ άγκυρούμενης λέμβου (είτε ως

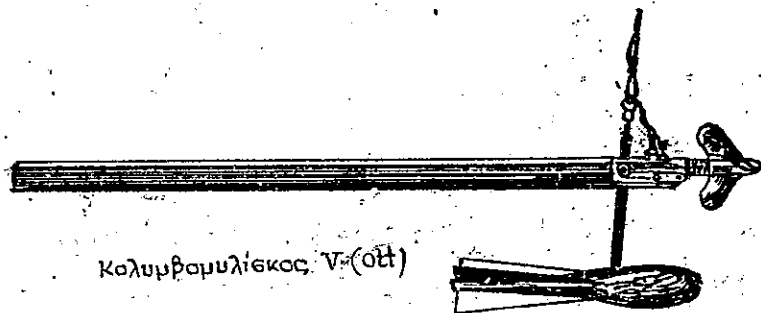


Σχ. 148. Στελεχομυλίσκος εἰς σταθεράν στήριξιν.

τακόρυφον βύθισιν αὐτῶν καί πτερύγια αἵτε νά κατευθύνονται καθέτως πρὸς τὴν ροήν τοῦ ὕδατος.



Ἀναρτωμενος κολυμβομυλίσκος 50 κλ/μρων (0H) 0H



Κολυμβομυλίσκος V (0H)

Σχ. 149

στελεχομυλίσκοι, (σχ. 148 εἴτε ὡς κολυμβομυλίσκοι). Δύνανται δὲ νὰ ἐξαρτῶνται εἰς τὰς πύλας ἢ νὰ στερεοῦνται ἐνίοτε ἐπὶ στελέχους εἰς τὴν πρύμνῃν (σχ. 150).

Εἰς περίπτωσιν ὑπάρξεως γεφυρῶν ἀναρτῶνται συνήθως διὰ καλωδίου ἐκ τῆς γεφυράς. Οἱ ἀναρτῶμενοι κολυμβομυλίσκοι (σχ. 149) φέρουσιν βάρος διὰ τὴν κατὰ τὸ δυνατόν κα-

κατακορύφου.

Οὕτω ἡ θαναρική ὑδρολογικὴ ὑπηρεσία δίδει τὴν ἐξέσιν $U_m : U_{max}$ ὡς ἀκολουθῶς, διὰ διαφοροῦ ευστάθεως διατομῆς τοῦ ρεύματος:

Διὰ τραχεῖς βράχους: 0,40-0,52 Διὰ κλίμακας μόνον 0,62-0,75
" κλίμακας μέγυθειαν: 0,46-0,75 " ἴλιν καὶ ἄμμον 0,65-0,83
" " " λίθους: 0,58-0,70 " ἔολε, κοίταγμα, βέλη: 0,70-0,92

ἢτοι ἡ ἐξέσις αὐξάνει διὰ λείαν διατομὴν (βλ. καὶ ὕδραυλικήν: Διανομή ταχυτήτων εἰς λείους καὶ τραχεῖς σωλήνας.

Τὸ ὑδρολογικὸν γραφεῖον Βιέννης ἐξ ἄλλου, ἐκ παρατηρήσεων εἰς διαφοροὺς ποταμούς (Jnn, Rodl, Traut, Mur, Elbe, Donau) εὑρεν τὴν ἀναλογίαν ταύτην κυμαινομένην ἀπὸ 0,77-1,00 μέ μέσην τιμὴν ~ 0,89.

Εἰς Η.Π. τῆς Ἀμερικῆς χρησιμοποιοῦνται διάφοροι μέθοδοι πρὸς προσδιορισμὸν τῆς μέσης ταχύτητος εἰς κατακορύφους διατομῆς, εὐνοφίζομεναι εἰς τὰ ἀκόλουθα:

1. Ραμπύλη διανομῆς. Μετροῦνται αἱ ταχύτητες 15 ἐκ. κατὰ τῆς ἐπιφανείας καὶ εἴτα ἀνὰ $\frac{1}{5}$ ἢ $\frac{1}{10}$ τοῦ βάθους λαμβάνονται σημεῖα μετρήσεως, μετὰ τὸ τελευταῖον ὅσον τὸ δυνατόν πλησιέστερον εἰς τὸν πυθμένα.
2. Μία μέτρησις. Μετροῦται ἡ ταχύτης εἰς τὰ $\frac{6}{10}$ τοῦ βάθους ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας καὶ θεωρεῖται αὕτη ἡ μέση ταχύτης. Εἰς περίπτωσιν πλημμυρῶν μετροῦται ἡ ταχύτης εἰς βάθος 30 ἐκ. καὶ ἐκ ταύτης ὑπολογίζεται ἡ μέση ταχύτης διὰ πολλαπλασιασμοῦ ἐπὶ 0,85-0,90.
3. Ἐπιφάνεια καὶ πυθμὴν. Ἡ μέση ταχύτης λαμβάνεται ὡς ὁ μέσος ὅρος τῆς ταχύτητος εἰς βάθος 30 ἐκ. ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας καὶ εἰς ὕψος 30 ἐκ. ἀπὸ τοῦ πυθμένος.
4. Ρατακόρυφος ὁλοκλήρωσις. Μετακινεῖται βραδέως ὁ μυλίσκος ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν εἰς τὸν πυθμένα, ἐπιστρέφε-

ται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν καὶ ἐξάγεται ὁ μέσος ὅρος τῶν εστροφῶν (κωδωνισμῶν) ἄρα καὶ τῆς ταχύτητος.

Ἡ μέθοδος αὕτη εἶναι ἱκανοποιητικὴ διὰ τὴν περίπτωσιν πλημμυρῶν (ὅπου μεγάλοι ταχύτητες, δὲν ἐπιτρέπουν νὰ μείνῃ σταθερὸς ὁ μυλῖακος) καθὼς καὶ διὰ μετρήσεις ὑπὸ πάχον. Δέον νὰ δίδεται προσοχή ὥστε νὰ μὴν ἐπηρεάζῃ τὰς μετρήσεις ἡ ταχύτης τῆς κατακορύφου μετακινήσεως τοῦ ὀργάνου.

5. Δύο μετρήσεις. Ἡ μέση ταχύτης ὑπολογίζεται ὡς ὁ μέσος ὅρος τῶν ταχυτήτων εἰς τὰ $\frac{2}{10}$ καὶ τὰ $\frac{8}{10}$ τοῦ ὅλου βάθους τῆς διατομῆς.

6. Ἡ ὑποεπιφανειακὴ ταχύτης. Μετρεῖται ἡ ταχύτης εἰς βάθος 15-30 ἐκ, ὅπου ὑποτίθεται ὅτι ἔχει αὕτη τὴν μεγίστην αὐτῆς τιμὴν καὶ πολλαπλασιάζεται ἐπὶ τὸν συντελεστὴν η διὰ τὸν προσδιορισμὸν τῆς μέσης ταχύτητος. Ὁ συν/τής ἔχει τὰς τιμὰς:

κατὰ τὴν ἀρχὴν ἀνάδοῦ τῆς στάθμης ... 0,90

εἰς πλημμύρας 0,90-0,95

εἰς συνήθεις στάθμας 0,85-0,90

Κατὰ τὴν μέτρησιν τῶν παροχῶν μίας διατομῆς διὰ μυλίσκου, εἰν προσδιορίσωμεν καὶ τὴν κλίσιν τοῦ ρεύματος κατὰ τὸν αὐτὸν χρόνον, δύναμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὸν συντελεστὴν τριβῆς τοῦ ρεύματος δι' ἑνὸς τῶν γνωστῶν τύπων (Manning ἢ Ganguillet π.χ.).

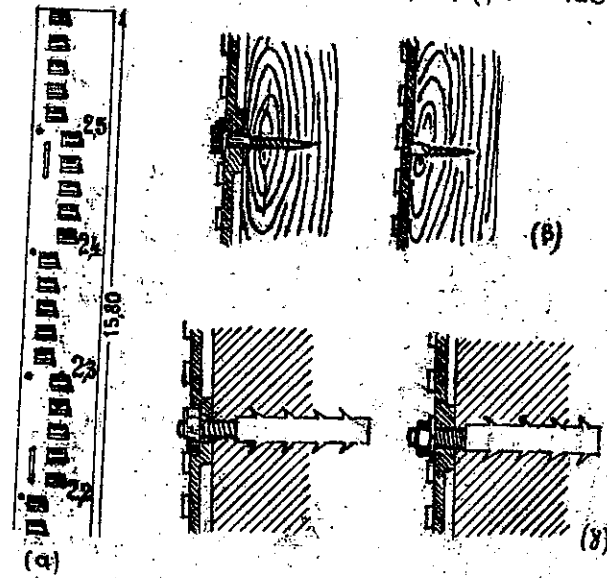
Ὅμοιως, εἰν ἔχωμεν παρὰ τὴν θέσιν μετρήσεως ἓνα σταθμήμετρον, δύναμεθα νὰ εὐχετίσωμεν τὴν στάθμην καὶ τὴν παροχὴν τοῦ ρεύματος.

γ. Μέτρησις σταθμῶν.

Ἀπλούστεραν μέθοδον μετρήσεως τῆς παροχῆς ἀποτελεῖ ἡ μέτρησις τῆς στάθμης τοῦ ὕδατος καὶ ἡ ἀναγωγή ταύτης εἰς τὴν ἀντίστοι-

χον παροχὴν.

Ἡ μέτρησις γίνεται διὰ **σταθμημέτρων** ἀπλῶν ἢ αὐτογραφικῶν. Τὰ ἀπλά σταθμήμετρα ἀποτελοῦνται ἐκ εἰδηρῶν ἢ ξυλίνων πηχέων, (βλ. ε.κ. 156 α) κατὰ προτίμησιν με ἀναχλύρους ὑποδιαίρεσεις καὶ ἀριθμούς, διὰ νὰ μὴ καλύπτονται ὑπὸ τῆς ἰλῦος τοῦ ποταμοῦ, στερεωμέναν εἰς ξυλίνας ἢ εἰδηράς, δοκοὺς ἢ εἰς τοιχώματα ἐκ σκυροδέματος ἢ λιθοδομῆς (βλ. ε.κ. 156 β, γ, δ.).



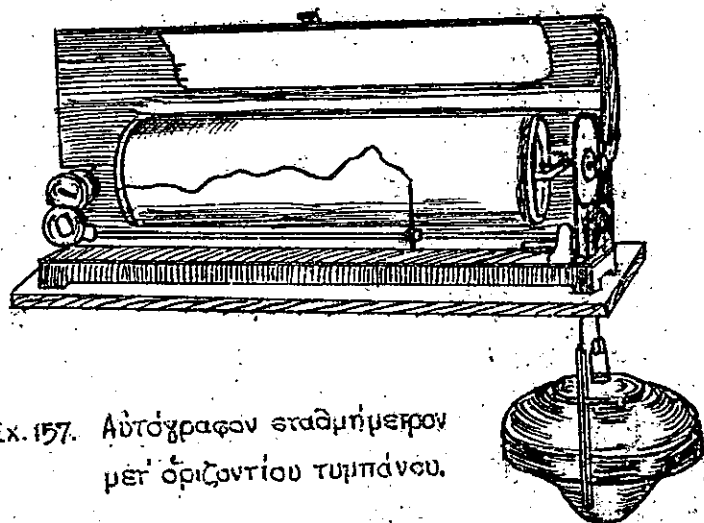
Σκ. 156. Ἀπλά σταθμήμετρα.

Ἡ ἀνάγνωσις τῶν σταθμημέτρων (εὐχετιζομένου τοῦ μηδενός αὐτοῦ πρὸς ἓνα ἀπόλυτον ὑψόμετρον) δέον νὰ γίνεται συχνὰ καὶ νὰ καταβάλληται προσοχή διὰ τὴν κατὰ τὸ δυνατόν ἀνάγνωσιν τῶν μεγίστων καὶ ἐλαχίστων τιμῶν ἐκάστης ἡμέρας.

Τὰ αὐτογραφικὰ σταθμήμετρα δὲν ἀπαιτοῦν συνεχὴ παρακολούθησιν ἀλλ' ἀπλῶς τακτικὴν συντήρησιν αὐτῶν, ἀλλαγὴν τοῦ χαρτοῦ καὶ ἀνανέωσιν τῆς μελάνης. Ταῦ-

τα διὰ μικρὰς ἐγκαταστάσεις ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὀριζόντιον τύμπανον περιστρεφόμενον διὰ ὁρολογιακοῦ μηχανισμοῦ ἐνῶ ὁ γραφικὸς δρομέας κινεῖται διὰ τῆς μεταβολῆς τῆς στάθμης τοῦ πλωτήρος (βλ. ε.κ. 157).

Εἰς μεγαλύτερας ἐγκαταστάσεις με μεγάλας διακυμάνσεις τῆς παροχῆς, τὰ ἀντίγραφα σταθμήμετρα ἔχουσιν κατακόρυφον



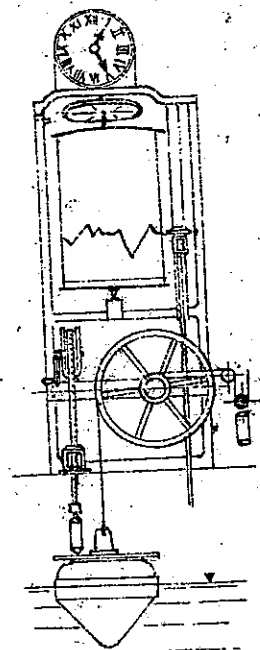
Σχ. 157. Αυτόγραφον σταθμήμετρον μετ' ὀριζοντίου τυμπάνου.

τύμπανον, ἡ κίνησις δὲ τοῦ πλωτήρος ὑποπλασιάζονται ἐπραντικῶς διὰ ὀδοντωτῶν τροχῶν καὶ μεταδίδονται δι' ὀδονταντοῦ κατακόρυφου στελέχους εἰς τὴν γραφουσαν ἀκίδα (βλ. ἐκ. 158).

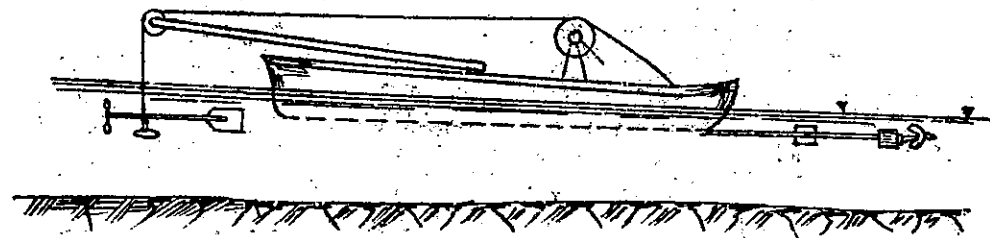
Μεταλλικὴ ταινία μετὰ βάρους τοποθετημένη ἐντὸς τοῦ ὀργάνου χρησιμοποιεῖται δι' ἀκριβεστερας μετρήσεις καὶ τὸν ἔλεγχον τοῦ σταθμημέτρου.

Τὰ σταθμήμετρα τοποθετοῦνται γενικῶς εἰς ὁμαλὰ εὐθύγραμμα σημεῖα τῶν ρευμάτων, μακρὰν προσκωνουμένων ἢ ἐκκαπτομένων διατομῶν τοῦ ποταμοῦ, ἢ διατομῇ τοῦ ὁποίου ἐλέγχεται ἀπὸ καιροῦ εἰς καιρὸν εἰς τὰ ἐν λόγῳ σημεῖα.

Ἡ τοποθέτησις τῶν σταθμημέτρων γίνεται εἰς τὰ τοιχώματα τῶν παρειῶν τοῦ ρεύματος, ἐὰν ταῦτα εἶναι κατακόρυφα ὡς εἰς τὸ σχῆμα 159 ἐμφαίνεται. Εἰς περιπτώσειν κεκλιμένων παρειῶν, τὰ σταθμήμετρα τοποθετοῦνται εἰς τὸ χεῖλος τοῦ πρηνοῦς, ἐπὶ κα-

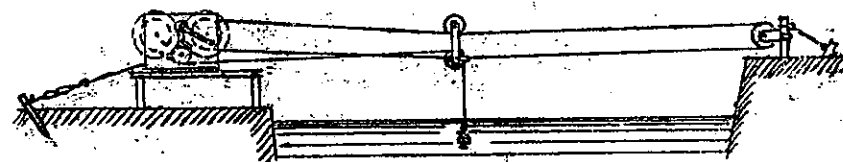


Σχ. 158. Αυτόγραφον σταθμήμετρον μετ' κατακόρυφον τύμπανον.



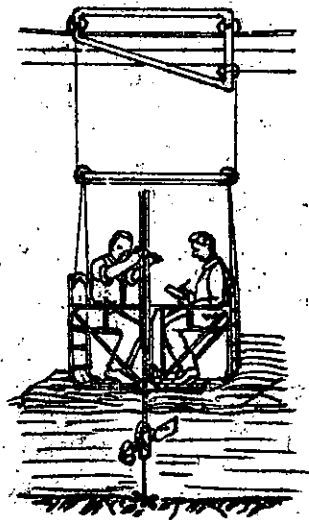
Σχ. 150. Κολυμβομυλίκος ἐκ λέμβου.

Διὰ ευνήθη ἀνοίγματα ρευμάτων οἱ ἀναρτώμενοι μυλίσκοι κυλίσονται ἐπὶ ὀριζοντίου καλωδίου τεταμένου ὑπεράνω τοῦ ρεύματος καὶ ἀγκυρουμένου εἰς τὰς ὄχθας αὐτοῦ (Σχ. 151). Διὰ πολὺ μεγάλων ἀνοίγματος, τὸ καλῶδιον ἐστηρίζεται εἰς τὰς ὄχθας ἐπὶ πύλων, κυλίσεται δὲ ἐπ' αὐτοῦ φορεῖον ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἐπιβαίνουν δύο παρατηρηταὶ ἐπιτελοῦντες τὰς μετρήσεις εἴτε διὰ στελεχομυλίσκου (βλ. ἐκ. 152) εἴτε διὰ κολυμβομυλίσκου.

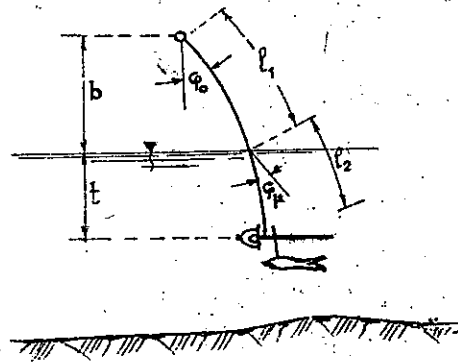


Σχ. 151. Συρματογεραυὸς "Μαρίτζα", διὰ κολυμβομυλίσκου (Α.ΟΗ).

Εἰς τὴν περίπτωσιν ἀναρτήσεως κολυμβομυλίσκου πρὸς εὗρεσιν τοῦ πραγματικοῦ βάθους t_1 , εἰς ὃ εὐρίσκεται ὁ μυλίσκος κατὰ τὴν μέτρησιν τῆς ταχύτητος γίνεται διόρθωσις τοῦ μήκους τοῦ καλωδίου διὰ τύπων εἰς οὓς λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν ἡ ταχύτης τοῦ ὕδατος τὸ βάρος τοῦ ὀργάνου (P) καὶ τοῦ τρέχοντος μέτρου καλωδίου (p) τοῦ μήκους τοῦ καλωδίου ὑπεράνω καὶ ἐντὸς τοῦ ὕδατος



Σχ. 152. Στελεχομυλίσκος εξ αληρητημένου φορείου.



Σχ. 153. Έκτροπή μυλίσκου.

αἱ γωνίαι ϕ καὶ ϕ_m , ἡ πίεσις w τοῦ ὕδατος ἐπὶ τρέχοντος μέτρου καλωδίου καὶ w_f ἐπὶ τοῦ ὀργάνου. Οὕτω υπολογίζεται τὸ βάθος t τοῦ

ὀργάνου ὑπὸ τοῦ τύπου :

$$t = \frac{l_2 \cdot \sin \phi_m}{1 + \frac{1}{24} \frac{(w \cdot \sin \phi_m - p \cdot \sin \phi_m)^2 \cdot \sin^4 \phi_m \cdot l_2^2}{p^2}}$$

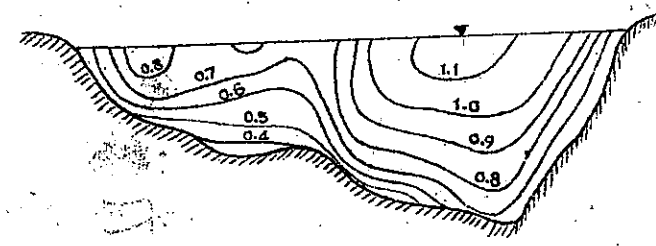
ὅπου ἡ γωνία ϕ_m υπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου :

$$\sin \phi_m = \frac{w + \frac{1}{2} w l_2 \sin \phi_m}{p + \frac{1}{2} p l_2}$$

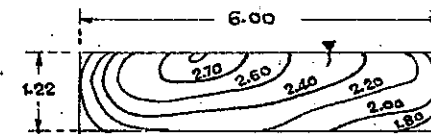
εἰς περίπτωσιν λίαν εὐρέων ρευμάτων ἢ μεγάλου πλάτους τεχνικῶν ἔργων τοποθετοῦνται **εὐετοιχίαι** μυλίσκων, ὥστε νὰ εἶναι δυνατὴ εἰς περισσότερας κατακορύφους γραμμὰς ἢ εὐχρηστικὰς μετρήσεις τῆς διανομῆς τῆς ταχύτητος.

Ὁ **ὑπολογισμός** νῦν τῆς παροχῆς τῶν ρευμάτων γίνεται διὰ τῆς ἐπιτελέσεως τῆς μετρήσεως τῆς ταχύτη-

τος, εἰς περισσότερα σημεῖα τοῦ ρεύματος καὶ τοῦ προσδιορισμοῦ τῶν ἰσοτακῶν καμπύλων. Εἰς τὸ σχῆμα 154, ἐμφαίνεται ἡ κατανομή τῶν ταχυτήτων εἰς φυσικὸν ρεῦμα καὶ εἰς τεχνητὴν διάφυγα.



(α) Διατομή Πήλου εἰς Koblenz



(β) Διατομή Ευλίνης τάφρου

Σχ. 154. Διανομή ταχυτήτων εἰς φυσικὸν ρεῦμα (α) καὶ εἰς τεχνητὴν τάφρον (β)

ταὶ ἡ ταχύτης εἰς διάφορα βάθη ὥστε νὰ καταρτίζεται τὸ διάγραμμα μεταβολῆς τῆς ταχύτητος ἐξ οὗ υπολογίζεται ἡ μέση ταχύτης U_m τῆς κατακορύφου, (βλ. σχ. 155) γνωστοῦ βάθους h (βλ. σχ. 155) τοιοῦτοτρόπως χαράσσεται ὑπεράνω τῆς σταθμῆς τὸ διάγραμμα τῶν μέσων ταχυτήτων U_m ἐκάστης κατακορύφου, ὡς καὶ τὸ γινόμενον τῆς μέσης ταχύτητος ἐπὶ τὸ βάθος τῆς κατακορύφου ($U_m \cdot h$). Ἐὰν ἤδη ἀδροῖσωμεν τὰ γινόμενα $U_m \cdot h \cdot \frac{1}{2} (\Delta b_i + \Delta b_{i+1})$ δι' ἐκάστην κατακορύφον λαμβάνομεν τὴν παροχὴν τοῦ ρεύματος δι' ἑκάστον τμήμα περιλαμβανόμενον μεταξὺ τοῦ μέσου τῶν ἀποστάσεων τριῶν διαδοχικῶν κατακορύφων (ἀπεχόντων μεταξὺ τῶν Δb_i καὶ Δb_{i+1}), προσθέτοντες, δὲ ὅλας τὰς τιμὰς $\frac{1}{2} U_m \cdot h (\Delta b_i + \Delta b_{i+1})$ εὐρίσκομεν τὴν παροχὴν τῆς διατομῆς.

Διὰ τῆς ἐπιτελέσεως μετρήσεων εἰς περισσότερα σημεῖα, γνωστῶν εὐντεταχμένου, χαράσσονται αἱ ἰσοτακῆς καμπύλαι ἐξ ὧν ὑπο-

λογίζεται ἡ παροχὴ τοῦ ρεύματος.

Ἰσηθῶς ὅμως ὑποδια-

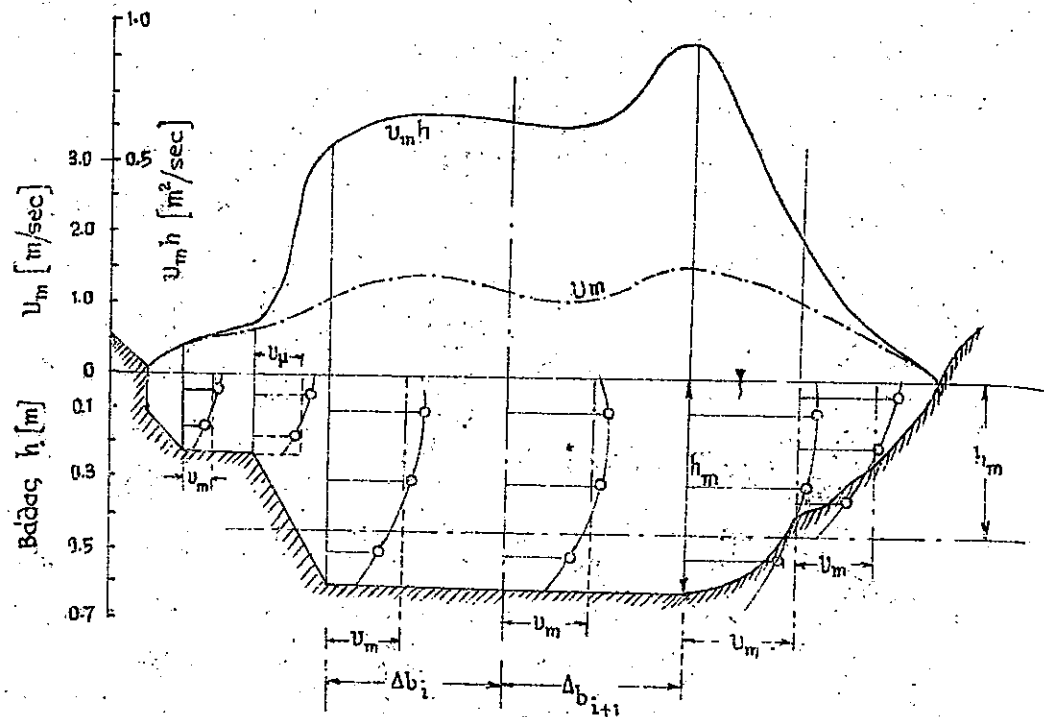
ρεῖται τὸ πλάτος τοῦ ρεύμα-

τος εἰς τμήματα (κατὰ τὸ

δυνατὸν ἰσαπέχοντα) καὶ εἰς

ἐκάστην κατακορύφον μετρά-

ται ἡ ταχύτης εἰς διάφορα βάθη ὥστε νὰ καταρτίζεται τὸ διάγραμμα μεταβολῆς τῆς ταχύτητος ἐξ οὗ υπολογίζεται ἡ μέση ταχύτης U_m τῆς κατακορύφου, (βλ. σχ. 155) γνωστοῦ βάθους h (βλ. σχ. 155) τοιοῦτοτρόπως χαράσσεται ὑπεράνω τῆς σταθμῆς τὸ διάγραμμα τῶν μέσων ταχυτήτων U_m ἐκάστης κατακορύφου, ὡς καὶ τὸ γινόμενον τῆς μέσης ταχύτητος ἐπὶ τὸ βάθος τῆς κατακορύφου ($U_m \cdot h$). Ἐὰν ἤδη ἀδροῖσωμεν τὰ γινόμενα $U_m \cdot h \cdot \frac{1}{2} (\Delta b_i + \Delta b_{i+1})$ δι' ἐκάστην κατακορύφον λαμβάνομεν τὴν παροχὴν τοῦ ρεύματος δι' ἑκάστον τμήμα περιλαμβανόμενον μεταξὺ τοῦ μέσου τῶν ἀποστάσεων τριῶν διαδοχικῶν κατακορύφων (ἀπεχόντων μεταξὺ τῶν Δb_i καὶ Δb_{i+1}), προσθέτοντες, δὲ ὅλας τὰς τιμὰς $\frac{1}{2} U_m \cdot h (\Delta b_i + \Delta b_{i+1})$ εὐρίσκομεν τὴν παροχὴν τῆς διατομῆς.

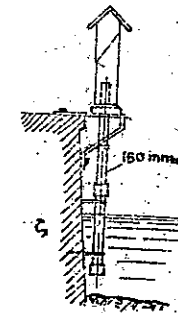


Σχ. 155. Μέτρησις ταχυτήτων καί υπολογισμός παροχής ποταμού.

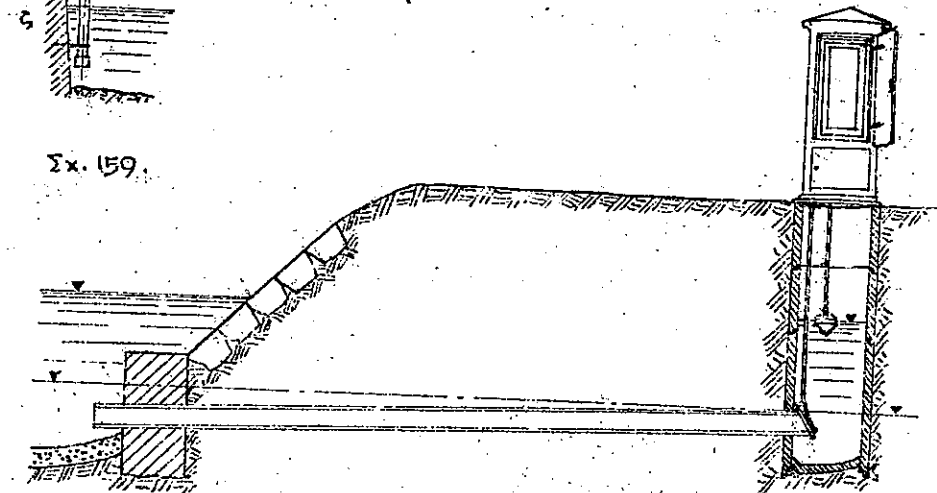
Εἰς τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα φθάνομεν υπολογίζοντες τὸ ἔμβηδον τῆς καμπύλης $U_m \cdot h$ ἀνωθεν τῆς ἐπιφανείας τοῦ ρεύματος (βλ. σχ. 155) δι' ἔμβηδομετρήσεως λαμβάνοντες ὑπ' ὄψιν τὰς κλίμακας καὶ τὰς χρησιμοποιηθείσας μονάδας.

Τοιοιουτρόπως τὸ θέμα ἀνάγεται εἰς τὴν εὔρεσιν τῆς διανομῆς τῶν ταχυτήτων εἰς μερικάς, καταλλήλως ἐκλεχσμένας, κατακόρυφους γραμμὰς.

Ὡς εἶναι εὐνόητον μεγάλοι προσπάθειαι κατεβλήθησαν διὰ τὴν εὔρεσιν ἐκείνων τῆς μέσης τιμῆς τῆς ταχύτητος εἰς μίαν κατακόρυφον ὡς πρὸς ἓν μέγεθος ταχύτητος εἰς οἰσθησθε σημείον τῆς κατακόρυφου (βλ. καὶ ἀνωτέρω τύπον Hout ε. 199) ὁπότε αἱ μετρήσεις θὰ περιορίζωνται εἰς μίαν μέτρησιν ἐπὶ ἑκάστης



Σχ. 159.



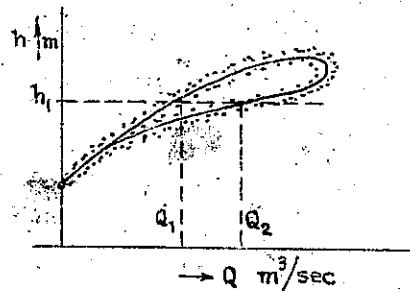
Σχ. 160.

Υπολογισμός τῆς παροχῆς ἐκ τῆς στάθμης.

Εἰς τὰς θέσεις μετρήσεως τῆς στάθμης τῶν ρευμάτων ἐπιτελοῦνται ἀπὸ καιροῦ εἰς καιρὸν καὶ μετρήσεις τῆς παροχῆς διὰ μυλίσκου καὶ δι' ἑκάστης διαφόρου στάθμης. Τοιοιουτρόπως χαράσσεται ἡ «καμπύλη παροχῆς συναρτήσεως στάθμης» διὰ τὴν ὑπ' ὄψιν θέσιν τοῦ ρεύματος.

Κατόπιν ἐπὶ τῇ βάσει τῆς καμπύλης ταύτης δύναμεθα ἀνάπεσαν ἐτιμητὴν νὰ υπολογίσωμεν τὴν παροχὴν ἐφ' ὅσον μετροῦμεν τὴν ἐπιδόμην δι' ἀπλῆς ἀναγνώσεως τοῦ πηήκους ἢ τοῦ χάρτου τοῦ αὐτογραφικοῦ σταθμημέτρου.

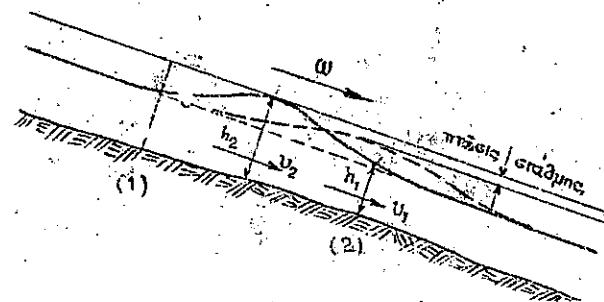
Αἱ «καμπύλαι παροχῆς συναρτήσεως στάθμης» ἔχουσιν εὐνηθῶς τὴν μορφήν τοῦ σχήματος 161 ἥτοι παρουσιάζουσιν δύο ἐκείη. Τὸ κατωτέρω παρίστα τὴν ἐκείην $Q = f(h)$ κατὰ τὴν ἔλευσιν τῆς πλημμύρας



Σχ. 161. $Q = f(h)$

όποτε διά την στάθμην h_1 , η κλίσις β_1 της στάθμης είναι μεγάλη. Άρα και η παροχή Q_2 είναι μεγάλη. Το άνω εκέλος της καμπύλης του εκήματος 161 παριστά την παροδον της πλημμύρας, όποτε διά την αυτήν στάθμην h_1 η κλίσις είναι μικροτέρα. Άρα και η παροχή $Q_1 < Q_2$ (βλ. σχ. 162).

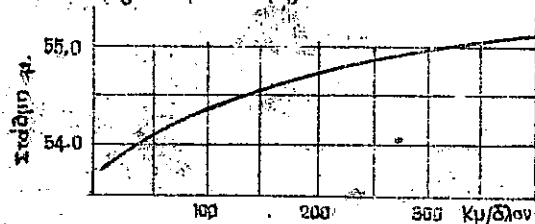
Τοιουτοτρόπως βλέπομεν πόσον χρήσιμα είναι τα αυτόματα σταθμήμετρα, διότι διασαφηνίζουν εάν πρόκειται περί ελεύσεως ή παρόδου πλημμύρας. Θα ήτο εκόπιμον βεβαίως, αν δυνατόν, εις εκάστην



Σχ. 162. Ρύμα πλημμύρας

θεσιν μετρήσεως να υπάρχουν δύο, άρκούντως απομακρυσμένα σταθμήμετρα, ώστε να μετράται και η κλίσις των ποταμών και να ελέγχεται ασφαλέστερον η παροχή και δι' άλληλοεξαρτήσεως εκ της καμπύλης των παροχών αλλά και διά της χρησιμοποίησεως των γνωστών υδραυλικών τύπων.

Εις το σχήμα 163 δίδεται η καμπύλη παροχής στάθμης, διά τον ποταμόν Στρυμώνα (Ρούπελ) κατά την υδρολογικήν υπηρεσίαν του Υπουργ. Δημ. Έργων.



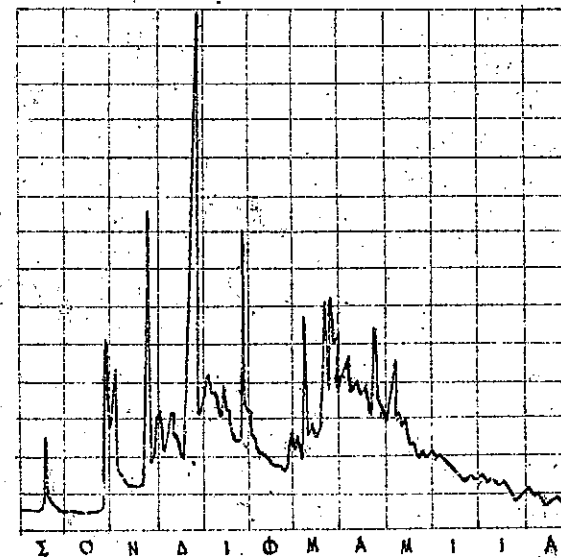
Σχ. 163. Καμπύλη παροχής συναρτήσει στάθμης εις Στρυμώνα (Ρούπελ).

Γ. Αποτύπωσης και διάιτα απορροών

1. Αποτύπωσης των απορροών

1.1. Υδρογραφήματα. Δοθέντος ότι κατ' αρχήν η καθημερινή μέτρηση της παροχής δεν είναι επιτευκτική, η διάιτα ενός ποταμού παρακολουθείται διά της πορείας της στάθμης αυτού.

Εις το σχήμα 164 εμφανίζεται η μεταβολή της στάθμης του ποταμού Άχελφου παρά το Κρεμαστά. Έκ του διαγράμματος τούτου και

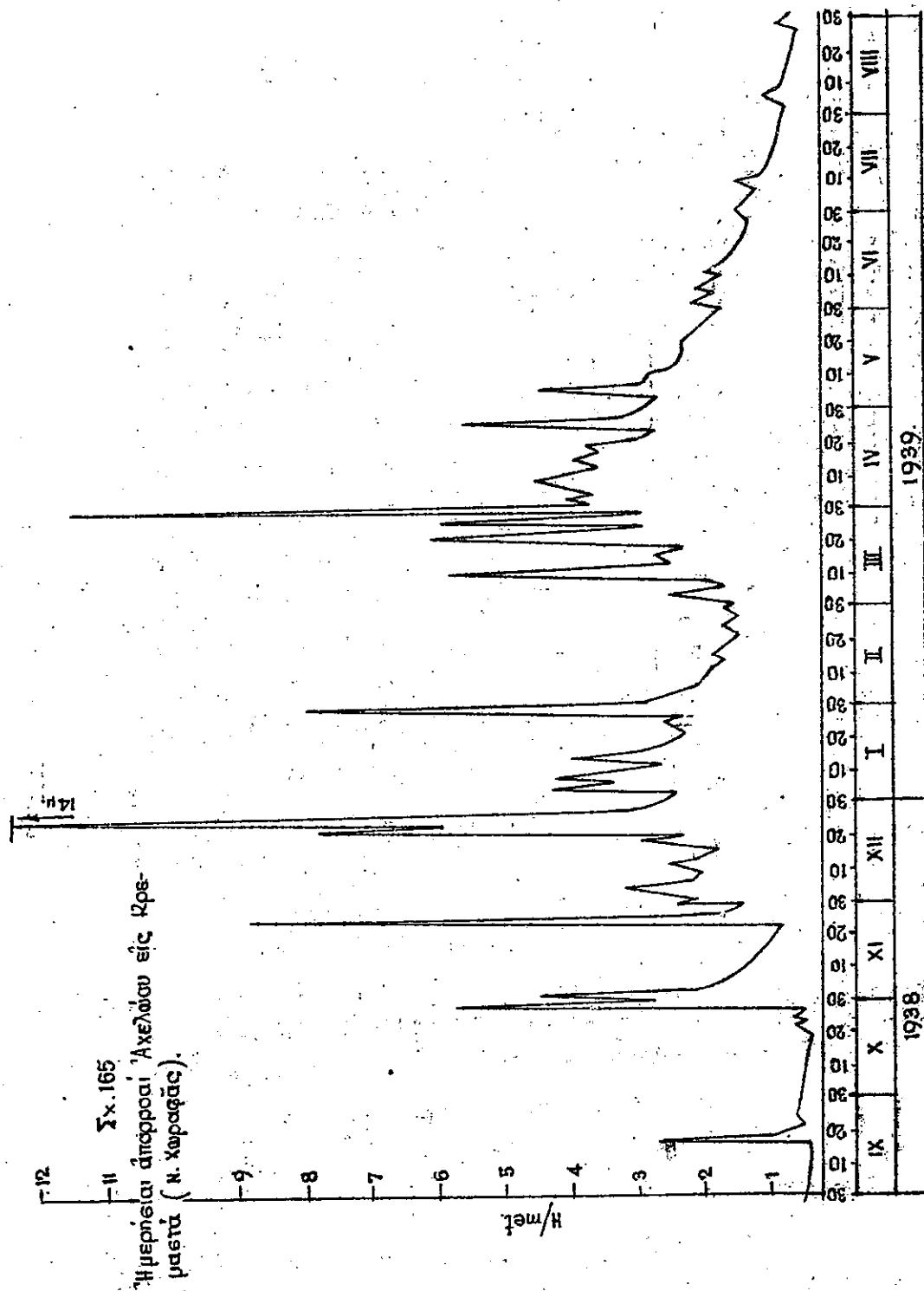


της καμπύλης στάθμης-παροχής του αυτού ποταμού δύναμεθα μετατρέποντες τας στάθμης εις παροχάς να λάβωμεν το διάγραμμα παροχών του ποταμού δι' εκάστην ημέραν ήτοι τό ημερήσιον υδρογράφημα του ποταμού εις την υπόψην θείσιν και διά ώριμένον έτος (βλ. σχήμ. 165

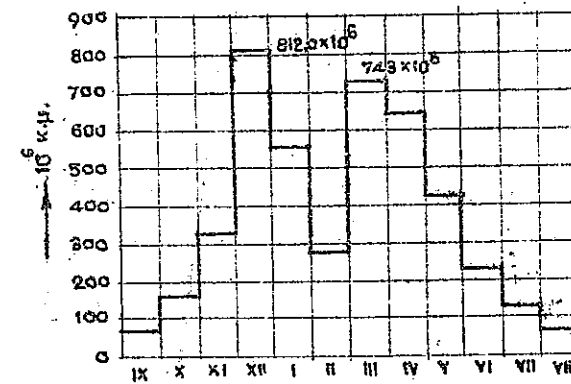
Σχ. 164. Διακύμανσις σταθμών Άχελφου Κρεμαστά (1938-1939).

Είναι ενδεχόμενον εις το υδρογράφημα ώρισμέναι τεταγμένοι να εούνται με μηδέν, όταν ξηραίνεται τό ρεύμα κατά τους θερμούς μήνας (βλ. π.χ. πλείστους Έλληνικούς χειμάρρους, ρέοντες μετά τας βροχάς επί τι διδστημα μόνον).

Εάν ήδη άδρυσώμεν τας ημερησίας παροχάς εκάστου μηνός και κατασκευάσωμεν τό διάγραμμα των παροχών του ποταμού κατά μήνα λαμβάνομεν τό μηνιο-έτησιον υδρογράφημα του



ποταμού, βλ. σχήμα 166, μηνιαίαι απορροαί του ποταμού Άχελώου κατά τό αυτό έτος 1938-1939. Τό σύνολον της έπταετίας απορροής κατά τό έν λόγω έτος καί εις την έν λόγω θέσιν άνηλθεν εις 4403,0 εκατομμύρια κ.μ.



Σχ. 166. Μηνιαίαι απορροαί Άχελώου εις Κρεμαστά (1938-1939) έπταετίας

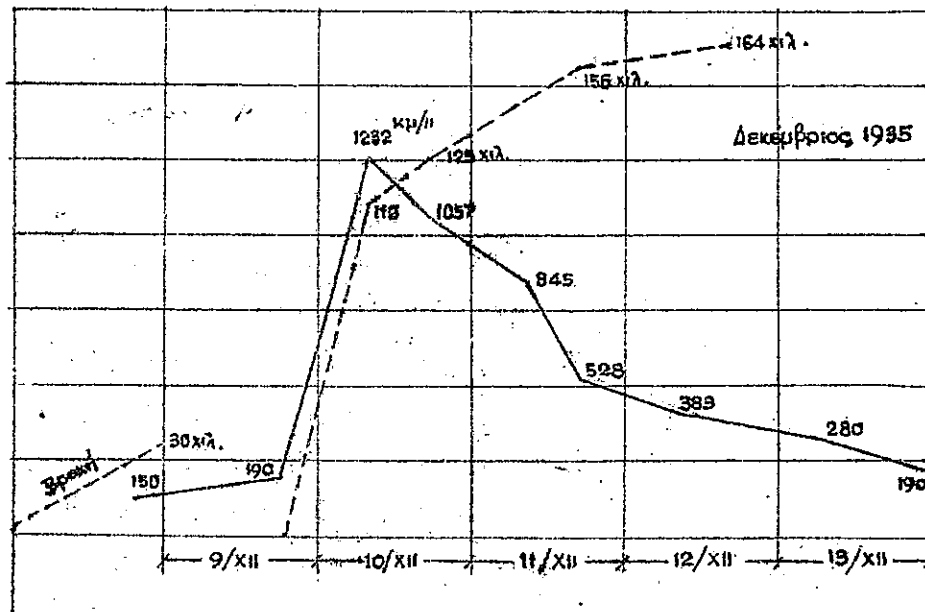
Η κατασκευή του μηνιοετησίου υδρογραφήματος δέν δύνатаι να γίνει έξ αναγωγής των μέσων μηνιαίων σταθμών διότι ως είναι εύνόητον ή μέση σταθμη μηνός δέν έπεται ότι μάς διδεί εις τό διάγραμμα σταθμής παροχής την αντίστοιχον μέσην παροχήν.

Συχνάκις κατασκευάζομεν τό υδρογράφημα ένός ποταμού διά την διάρκειαν μιας μόνον πλημμύρας, προσερχομενης ευνηδως από την βροχήν ώρων τινων ή έλαχίστων ημερών. Έν τωιαύτη περιπτώσει έχομεν τό απλόυν ή μεμονωμένον υδρογράφημα.

Εις τό σχήμα 167 δίδεται τό μοναδιαϊον υδρογράφημα της περιφερειακής διάρρυχος Θεσσαλονίκης όπερ προσέκυψεν κατά την πλημμυράν της 9-10 Δεκεμβρίου 1935. Εις τό διάγραμμα εμφανίζεται καί ή πεσούσα κατά τόν αυτόν χρόνον βροχή (Έρροχθρι).

Έν Άμερικη έχει καθιερωθεί από τόν Sherman, διά την άνάλυσιν των πλημμυρών τό απλόυν υδρογράφημα τό όποϊον άντιστοιχεί εις βροχήν ίσην μέ την μονάδα βροχής καί όπερ καλεϊται μοναδιαϊον υδρογράφημα (unit hydrograph).

Τέλος ευνηδως κατασκευάζομεν τα ύπερετήσια

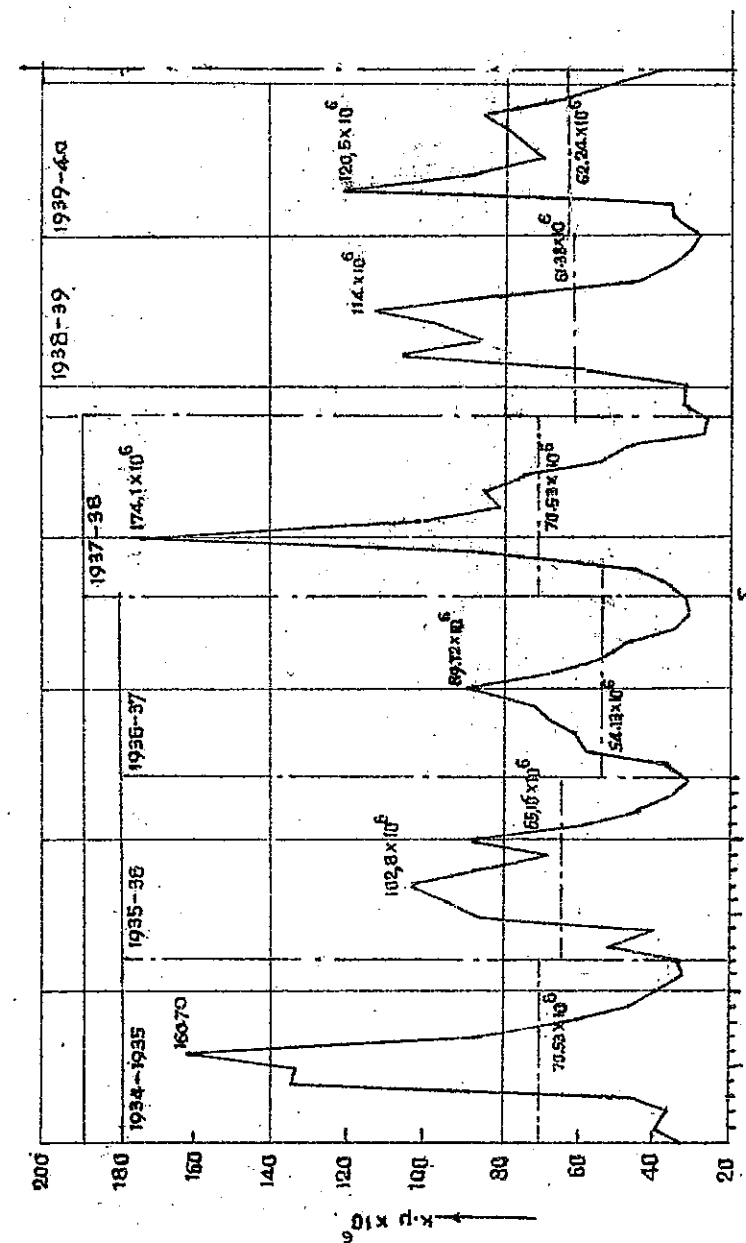


Σχ. 167. Μεμονωμένον υδρογράφημα πλήμμυρα της περιφερειακής διώρυγας κατά Δεκεμ. 1935.

υδρογραφήματα, είτε ταῦτα εἶναι ἡμερησίου ἢ μηνιαίου καὶ τὰ ὅποια δεικνύουν τὴν πορείαν τῶν υδρογραφημάτων εἰς πλείονα ἔτη καὶ χρησιμεύουν διὰ τὴν ἐξαγωγήν τοῦ μέσου ἔτησι τοῦ υδρογραφήματος τῆς θέσεως τοῦ ρεύματος. Εἰς τὸ ἐκπῆμα 168 διδονται τὰ μηνιαία υδρογραφήματα τοῦ ποταμοῦ Λαδώνος.

Αἱ διαστάσεις τῶν τεταγμένων τῶν υδρογραφημάτων διδονται ἐνῶστε εἰς μονάδα ὄγκου ἀνὰ μονάδα ἐπιφανείας ($\text{m}^3/\text{τετραγ. χιλίόμετρον, λ.χ.}$) τῆς λεκάνης ἀπορροῆς. Κατὰ τοιοῦτον τρόπον δυνατόν νὰ εὐχρινώμεν πλεον τὰς ἀπορροὰς διαφόρων λεκανῶν μὲ διάφορον ἐπιφανείαν ἀπορροῆς.

Εἰς ἄλλας περιπτώσεις μετατρέπεται ἡ ὡς ἄνω εἰδικὴ ἀπορροή εἰς ἰσοδύναμον ὕψος ἀπορροῆς εἰς χιλιοστά. Ἡ ἔκφρασις αὕτη εἶναι λίαν χρήσιμος διότι παραβαλομένη μὲ τὸ ἀντίστοιχον ὕψος βροχῆς τῆς αὐτῆς περιόδου, εἶδει τὴν ἀντί-



Σχ. 168. Ὑπερελαίου μηνιαίων υδρογράφημα Λαδώνος

στοιχὸν πορείαν τῶν δύο μεγεθῶν, ἐνῶ ἡ μεταξὺ αὐτῶν διαφορὰ τῶν τεταγμένων θὰ εἶδῃ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀπωλειῶν καὶ τὴν διαίρεσιν τοῦ ἑδάφους.

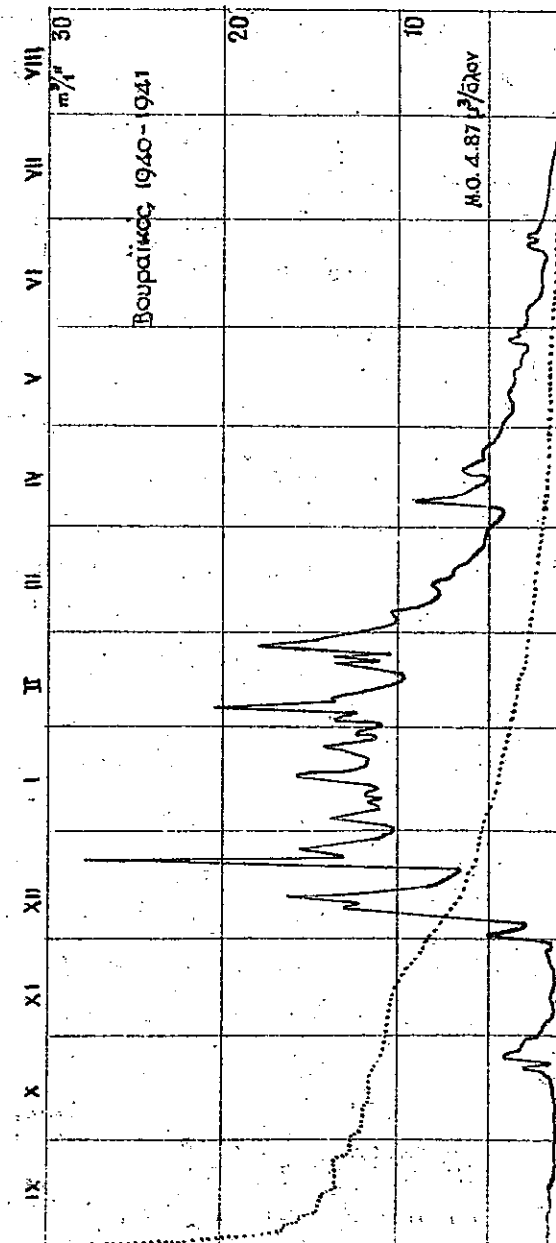
Εἰς τὸν κατωτέρω πίνακα διδονται αἱ εἰδικαὶ ἀπορροαὶ ποτα-

μὲν τινων ἔχοντων ἀνάλογον μέγεθος λεκάνης πρὸς τὰς τῆς Ἑλλάδος:

	Λεκάνη km ²	Μέση ετήσια βροχή	Μέση ετήσια ἀπορροή, χιλ.	
ΜΕΣΕΥΡΩΠΗ				
Oder (εἰς Ratibor).....	6737	896	311	Schaffernak, Wien 1935
Glatzer Neibe.....	4534	759	268	"
Spree (εἰς Fürstenwalde).....	6359	587	122	"
Werra (ἐκβολαί).....	5505	717	277	"
Rhein (εἰς Tardisbruck).....	4280	1583	1089	"
Reuss (εἰς Mellingen).....	3382	1818	1371	"
Murr (ἐκβολαί).....	507	884	268	"
Saar (").....	7420	765	331	"
Ruhr (εἰς Meshede).....	425,5	1133	819	"
" (" Wandhofen).....	2035,0	1019	544	"
Lippe (" Dorsten).....	4495,0	796	306	"
Η. Π. Α.				
Kern, Calif.....	6000,0	—	110	U.S. Geolog. Survey papers
San Joaquin, Calif....	4250,0	—	518	"
Sacramento, Calif....	11000,0	—	605	"
St. Croix, Wisconsin....	16500,0	—	260	"
Black Warrior, Alabama	4900,0	—	490	"
Catawba, S. Carolina	7790,0	—	640	"
Oswego, N. York	12900,0	—	293	"
ΕΛΛΑΣ.				
Στρυμόν.....	12269	—	246	Σ. Μαλικόπουλος (τ.χ. 305, 1949)
Ἀξιός.....	22136	—	226	"
Ἀλιάκμων.....	6295	—	418	"
Β. Κηφισός.....	—	—	297	"
Χαράδρος.....	119	—	132	"
Βουραϊκός.....	196,0	—	645	"

1.2. Ἀναεκρηματισμός τῶν ὑδρογραφημάτων.

Ἡ χρησιμοποίησις τῶν ὑδρογραφημάτων εἰς πολλὰς τεχνικάς ἐφαρμογὰς εἶναι δυσχερὴς ὑπὸ τὰς μορφὰς τῶν σκημάτων 165, 166 καὶ 168. Οὕτω εἰς τὸ πλῆστον τῶν περιπτώσεων ἐφαρμογῆς ἐνδιαφέρει τὸν μεγαλύτερην τῶν ἔργων μηχανικὸν ἢ διάρκεια κατ' ἣν παρουσιάζεται



Ιχ. 169. Ημερήσιον ὑδρογράφημα Βουραϊκοῦ καὶ καμπύλη διαρκείας αὐτοῦ (Γ.Κ.)

ὠριμένη τιμὴ τῶν ἀπορροῶν ὡς καὶ ἡ συχνότης τῶν τιμῶν αὐτῶν. Τέλος ἡ διάρκειαν σημασίαν παρουσιάζει ὁμοίως τὸ ἄθροισμα τῶν ἀπορροῶν κατ' ὠριμένον χρόνον, ἥτοι ἡ ἀθροιστικὴ καμπύλη τῶν ἀπορροῶν.

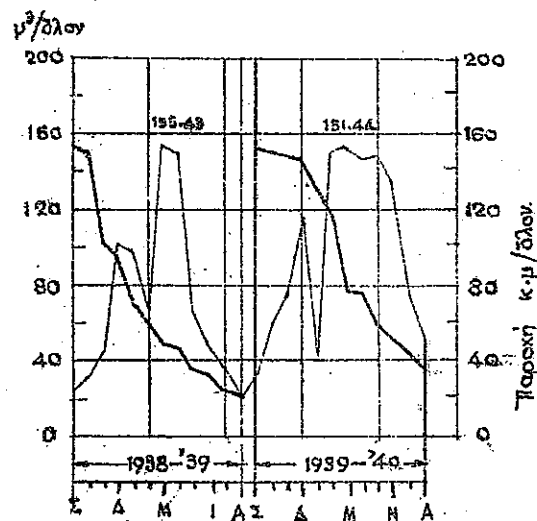
α) Καμπύλαι διαρκείας.

Πρὸς καθορισμὸν τῆς διάρκειας τῶν ἀπορροῶν λαμβάνομεν, μετρημένην τὸν χρόνον, τὰς ἀπορροὰς ὡς τεταγμένας ἀλλὰ παρατιθεμένας κατὰ τὰς μερέδους αὐτῶν.

Εἰς τὸ σχῆμα διδεται τὸ ὑδρογράφημα τοῦ Βουραϊκοῦ (1940-1941)

καί ἡ ἀντίστοιχος καμπύλη διαρκείας αὐτοῦ. Εἶναι εὐνόητον ὅτι τὸ μεταξὺ τῶν ἀξόνων ἐμβαδὸν τῆς καμπύλης διαρκείας ἴσεται μὲ τὸ ἐμβαδὸν τοῦ ὑδρογραφήματος ἐπὶ τοῦ προκειμένου ἴσον πρὸς 153,32 ἑκατομ. κυβ. μέτρα. Ἐξ ἄλλου πᾶσα γραμμὴ παραλλήλος πρὸς τὸν ὀριζόντιον ἀξονα ἔχει τὸ αὐτὸ μήκος εἰς τὸ διάγραμμα διαρκείας ὅσον καὶ ἐντὸς τοῦ ὑδρογραφήματος. Ἐκ τοῦ διαγράμματος διαρκείας ἐμφαίνεται ἀμέσως ἡ ἐντὸς τοῦ ἀντιστοίχου ἔτους διάρκεια ἐκάστης παροχῆς (π.χ. παροχὴ ≥ 10 κ.μ./ὄλον διήρκεσεν περίπου 2½ μῆνας, ἡ μέση παροχὴ 4,87 κ.μ./ὄλον διήρκεσεν 4,2 μῆνας κ.ο.κ.)

Καμπύλας διαρκείας δυναμέδα γὰ κατασκευάσωμεν καὶ διὰ τὰ μηνοετήσια ὑδρογραφήματα ὡς ἐμφαίνεται εἰς τὸ ἐκῆμα 170, ἐνθα δίδονται αἱ μηνιαῖαι ἀπορροαὶ τοῦ Ἀλιάκμονος, τῶσαν ὡς ὑδρογράφημα ὅσον καὶ ὡς καμπύλαι διαρκείας.

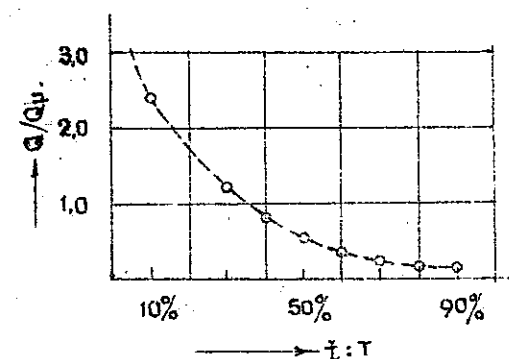


Σχ. 170. Μηνοετήσια ὑδρογραφήματα τοῦ Ἀλιάκμονος καὶ καμπύλαι διαρκείας αὐτῶν (Γ.Κ) διὰ τὰ ὑδρολογικὰ ἔτη 1938-39 καὶ 1939-40.

ἀναλογίαν τοῦ ἔτους, αἱ δὲ τετμημέναι αὐτῶν (παροχαί) εἰς ἑκατο-

Αἱ καμπύλαι διαρκείας τῶν ἡμερησίων ἢ μηνοετήσιων ὑδρογραφημάτων παρουσιάζουσιν μορφὰς δυναμένας νὰ λαμβάνωσι — κατὰ ἱκανὴν προσεγγίαν — μαθηματικὴν ἔκφρασιν. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει καὶ ἵνα αἱ καμπύλαι αὗται εἶναι δυνατόν νὰ συγκρίνονται μεταξὺ τῶν κατασκευάζονται ἀδιαστασιζόμενοι ὑδρολογικὸν ἔτος καὶ ρεῦμα ἢτοι αἱ μὲν τετμημέναι αὐτῶν (χρόνοι) δίδονται εἰς ἑκατοετησίαν

ετησίαν ἀναλογίαν τῆς μέσης παροχῆς. Εἰς τὸ ἐκῆμα 171 δίδεται ὁ λόγος ἐκάστης παροχῆς ἀντιστοιχοῦσης εἰς ποσοστὸν τοῦ χρόνου ἐν



Σχ. 171. Q/Q_m συναρτήσεις t/T διὰ τὰς μηνιαίας ἀπορροὰς τοῦ Βουραϊκοῦ (Γ.Κ) διὰ τὸ ὕδρ. ἔτος 1940-41 (βλ. ἐκ. 169).

σχέσει πρὸς τὴν μέσην ἐτησίαν παροχὴν τοῦ ρεύματος. Ὑδρογραφήματα πέντε κυρίων Ἑλληνικῶν ρευμάτων μελετηθέντα ὑπὸ τοῦ γράφοντος διὰ τὴν ὑπάρχουσαν σειρὰν ἐτῶν παρατηρήσεων αὐτῶν ἔδωσαν τὴν ἀκόλουθον μέσην ἀναλυτικὴν ἔκφρασιν τῆς καμπύλης διαρκείας αὐτῶν:

$$Q = \frac{Q_T}{Q_M} = \frac{2,90}{1,028 T}$$

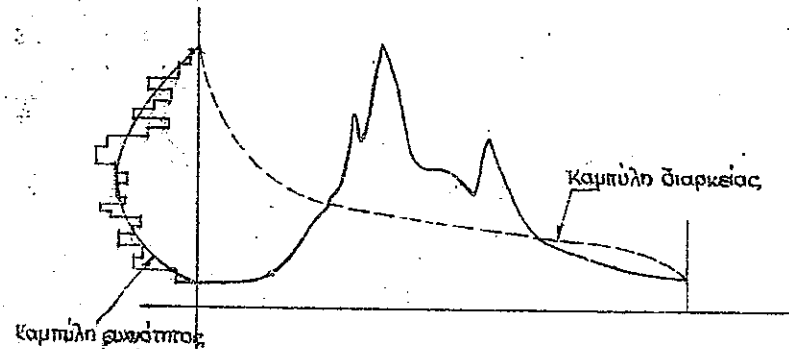
ἐνθα Q_T ἡ παροχὴ κατὰ τὸν χρόνον T (ἐκφραζόμενον εἰς ἀκέραισον ἀριθμὸν τῆς ἑκατοετησίου ἀναλογίας τοῦ χρόνου ἢτοι $T=25$ διὰ 25% τοῦ ἔτους) καὶ Q_M ἡ μέση ἐτησία παροχὴ.

Τοιοιούτῳ γινώσκῃς οὕσης τῆς μέσης ἐτησίας παροχῆς ρεύματος, εἶναι δυνατόν νὰ ὑπολογισθῇ ἡ καμπύλη διαρκείας αὐτοῦ.

β) Καμπύλαι συχνότητος. Ἐάν εἰς ἡμερησίον ὑδρογράφημα

μα ἐκτελέσωμεν δι' ἐκάστην παροχὴν τὸν ἀριθμὸν τῶν ἡμερῶν καθ' ἃς παρουσιάζεται ἡ παροχὴ αὕτη λαμβάνομεν τὸ διάγραμμα συχνότητος ἢ τὴν καμπύλην συχνότητος τῆς ἀπορροῆς (ἐκ. 172) τὰ διαγράμματα ταῦτα ἐπανίως χρησιμοποιοῦντα ἀντιθέτως πρὸς τὰ διαγράμματα διαρκείας. Οὐσιαστικῶς ἡ καμπύλη διαρκείας παρίσταται γραφικὸν ὁλοκλήρωμα τῆς καμπύλης συχνότητος. Ἡ κατασκευὴ ἀμφοτέρων λαμβάνει χώραν διὰ πινάκων ὡς ὁ κατωτέρω, ἐνθα δι' ἐκάστην διαβαθμίσιν παροχῆς ὡς λ.χ. (0,0-0,5) κ.μ./ὄλον (0,5-1,0), (1,0-1,5) κ.κ. ἐ ἀναγράφομεν τὸν ἀριθμὸν τῶν ἡμερῶν εἰς ἃς ἀν-

τιστοιχεί ανάλογος παροχή. Η δεύτερη στήλη δίδει την συχνότητα και η τρίτη την διάρκεια των ημερών καθ' ἃς ἡ παροχή εἶναι μεγαλύτερα ἢ ἴση πρὸς την ἀντίστοιχον διαβάθμειν αὐτῆς.

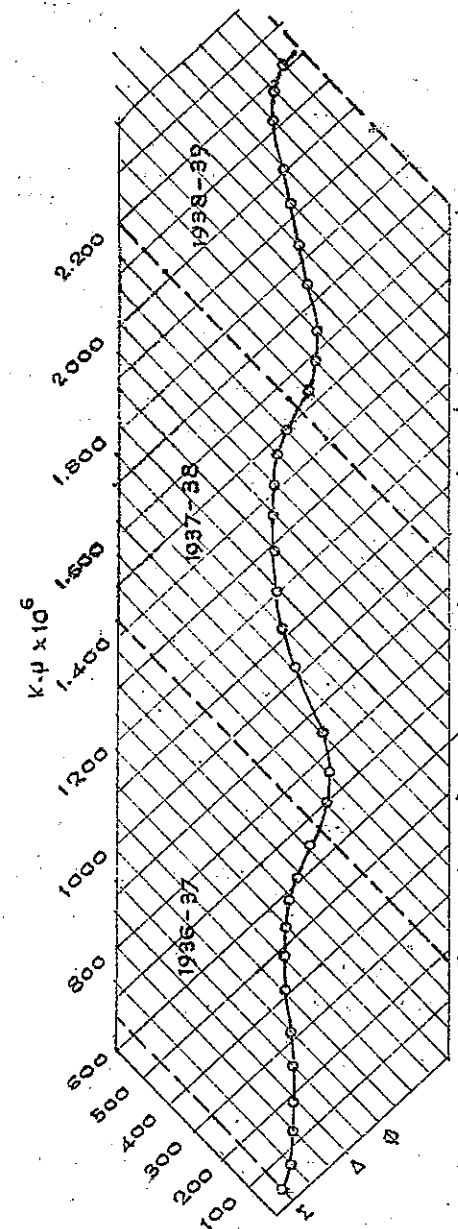


Σχ. 172. Καμπύλη συχνότητας

Τμήματα παροχῆς κ.μ/δλν	Συχνότης ἡ μέραι	Ἀθροισ. συχνότη. (διάρκεια) ἡ μέραι
0,0-0,5		12
0,5-1,0		18
1,0-1,5		6
1,5-2,0		12
2,0-2,5		7
.....		300
24,0-24,5	...	3
24,5-25,0	-	1
Ἀθροισμα	365	

γ) Ἀθροιστικά καμπύλαι. Ἐάν εἰς ὑδρογράφημα δι' ἐκάστην

τετμημένην φέρωμεν ὡς τεταγμένη τὸ ἄθροισμα των ἀπορροῶν ὅλων των προηγουμένων ἡμερῶν λαμβάνομεν τὴν ἀθροιστικὴν καμπύλην (sumnation curve). Ἡ τεταγμένη ἐκάστης ἡμέρας παρίστανται



Σχ. 173. Συνεχὴς ἀθροιστικὴ καμπύλη διὰ τρία ὑδρολογικὰ ἔτη τοῦ ποταμοῦ Λάδωνος (Γ.Π.Κ.)

τὸ ἐμβαδὸν τοῦ ὑδρογραφήματος μέχρις αὐτῆς ἢ δὲ τελευταία τεταγμένη παρίστανται τὴν ὅλην ἐπεὶ ἀπορροήν. Συνεχεῖς ἐτήσιν ἀθροιστικά καμπύλαι δίδουν τὸ διάγραμμα ἀθροιστικῶν καμπύλων (διάγραμμα Ripple) λίαν χρησίμους διὰ πλείστας ὑδροτεχνικὰς ἐφαρμογὰς.

Εἰς τὸ σχῆμα 173 δίδεται τὸ διάγραμμα ἀθροιστικῶν παροχῶν τριῶν κατὰ συνέχειαν ὑδρολογικῶν ἐτῶν τοῦ ποταμοῦ Λάδωνος. Ὡς ἐμφαίνεται εἰς τὸ σχῆμα ἡ ἀνστροφὴ τῆς καμπύλης εἶναι ταχεύει.

2. Διαιτα των ἀπορροῶν.

2.1. Συντελεσταὶ ἐπηρεάζοντες τὴν ἀπορροήν.

Ἡ ἀπορροή ενός ρεύματος ἐκτιμάται διὰ τὰς πηγαίας εἰς τὴν λεκάνην αὐτοῦ βροχὰς μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν πάσης φύσεως

ἀπωλειῶν συμπεριλαμβανομένης τῆς διεισδύσεως καὶ τὴν προσθήκην πιθανῶν εἰς αὐτὸ στραγγιζομένων ὑπογείων ὑδάτων εἶναι ἐμφανές ὅτι θά κυμαίνεται ποικίλως ἐξαρτωμένη κατ' ἀρχὴν ἀπὸ ὅλας τὰς παραμέτρους αὐτίνες διέπουν τὸσον τὴν ποσὴν τῶν βροχῶν ὅσον καὶ τῶν ἀπωλειῶν ἥτοι, ἐν περιλήψει, ἀπὸ τούτων ἀκολουθῶν συντελεστῶν :

Δίαιτα τῶν βροχῶν, διανομὴ κατ' ἔκτασιν, ἔντασις καὶ διάρκειά αὐτῶν, ἐξάρτησις ὑδατος καὶ ἐδάφους, κλίσις, κάλυψις καὶ γεωλογικὴ εὐστάσις τοῦ ἐδάφους, δίαιτα θερμοκρασίας, βαρομετρικῆς πίεσεως, ἀτμοσφαιρικῆς ὑγρασίας καὶ ἀνέμων.

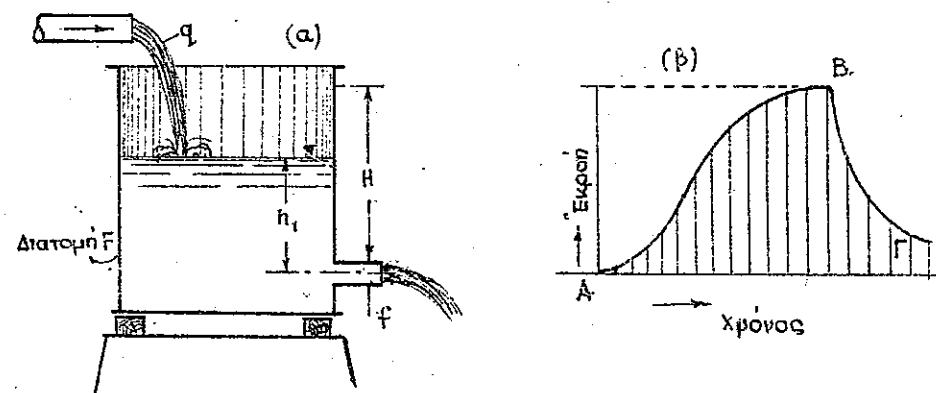
Ἐξ ἄλλου ὅμως, δοθέντος ὅτι καὶ τὰ μικρότερα σχετικῶς ρεῦματα ἀπαρτίζονται ἀπὸ πλῆθος μικροτέρων ἢ δίαιτα τῶν ἀπορροῶν θὰ ἐξαρτῶται ἀπὸ τὴν σχετικὴν θέσιν τῶν παραποτάμων, τὸ μέγεθος καὶ τὸ σχῆμα τῆς λεκάνης ἐκάστου ἐξ αὐτῶν (βλ. σχήματα 127, 128, 129, 130) καὶ τὴν σχετικὴν θέσιν τῶν εἰροῶν ὡς προσέτι καὶ τοῦ μεγέθους (ὄγκου) τῆς κοίτης ἐνὸς ἐκάστου.

Ἐάν συνυπολογίσωμεν ἤδη καὶ τὴν ὡς ἄνω ὁμολογῶν συντελεστῶν παρατηροῦμεν πόσῳ πολὺπλοκον καθίσταται τὸ πρόβλημα ἐν τῇ φύσει δοθέντος ὅτι ἴσου ὕψους βροχαὶ μὲ διάφορον ἔντασιν ἢ χρόνου πτώσεως διδόνουν διὰ τὰς αὐτὰς λεκάνας διαφόρους ἀπορροὰς ἢ ἀκόμη μὲ τὴν αὐτὴν ἔντασιν καὶ χρόνον πτώσεως διδόνουν διαφόρους ἀπορροὰς διὰ διάφορον διατάξιν τοῦ αὐτοῦ μεγέθους λεκανῶν.

Ὁ ὄγκος τῆς κοίτης ἐνὸς ἐκάστου ρεύματος καὶ τελικῶς ὁ συνολικὸς ὄγκος τῆς κοίτης ὅλων τῶν ρευμάτων, ἀποτελεῖ ἐπίσης σημαντικὸν παράγοντα — πλὴν ὅλων τῶν ἄλλων — εἰς τὴν δίαιταν τῆς ἀπορροῆς, προσκαλοῦν σημαντικὴν ὑπερέτιν αὐτῆς. Τοῦτο γίνεται ἐκκολάτερον ἀντιληπτὸν διὰ τοῦ ἀκολουθοῦ παραδείγματος :

Ἐστω ἡ ἐπάνω, δυνατὴ περιπτώσις σταθερᾶς ἀπορροῆς εἰς

τὴν ἀρχὴν ρεύματος ρέουσα πρὸς τὰ κατάντη ἐντὸς τῆς ὁμοιομόρφου κοίτης αὐτοῦ, ἣν παρομοιάζομεν μὲ δοχεῖον διατομῆς F πληροῦμενον διὰ ῥοῆς σταθερᾶς παροχῆς q καὶ ἐκκενούμενον εὐχρόνως δι' ὀπής αὐτοῦ, διατομῆς f , τοιαύτης, ὥστε ἡ ἐξ αὐτῆς ἐκροή νὰ ἴσῃται μὲ τὴν εἰροὴν q ὅταν τὸ ὕδωρ φθάσῃ εἰς ὀριακὸν ὕψος H (ε.κ. 174 α). Εἶναι προφανές ὅτι ὅταν τὸ δοχεῖον εἶναι κενόν καὶ ἡ στάθμη αὐτοῦ ἀρχεταὶ ἀνερχομένη ὡς εἰς τὸ σχῆμα 174 (β) διὰ τὴν φθάσῃ μίαν ἀεὶ μπτωτον γραμμὴν εἰς τὸ σημεῖον B . Ἐάν τὴν ἐπὶ



Σχ. 174 Ὑπερέτις λόγῳ ἀποθήκευσεως κοίτης.

μὴν ἐκείνην παύσῃ ἡ εἰροή q ἡ ἐκροή ἐξακολουθεῖ μὲ συνεχῶς ἐλαττωμένην παροχὴν μέχρι ἐκκενώσεως τοῦ δοχείου. (κλάδος BF). Ὁ ἀπαιτούμενος χρόνος διὰ τὴν ἀνσθον τῆς στάθμης ἐκ τοῦ ὕψους h_1 εἰς τὸ ὕψος h_2 , ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου :

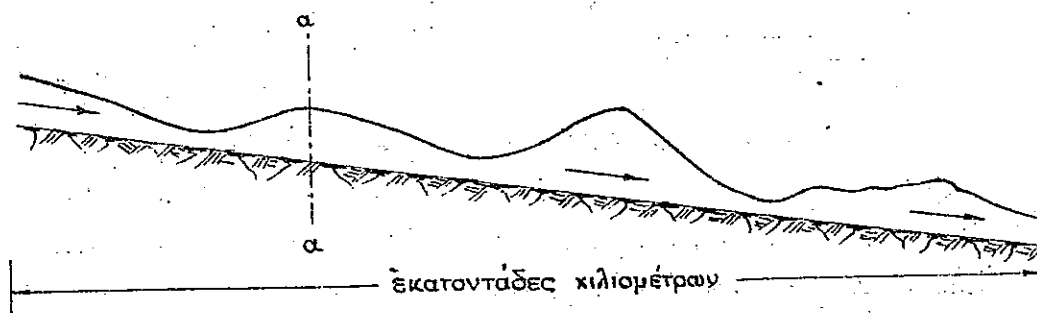
$$t = \frac{2F}{k} (\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2}) + \frac{2qF}{k^2} \left[l(q - k\sqrt{h_1}) - l(q - k\sqrt{h_2}) \right]$$

ἐνθα $k = \mu \cdot f \sqrt{2g}$ ὁ γνωστὸς συντελεστὴς ἐκροῆς ἐξ ὀπῶν δοχείων.

Τὸ ἀπλοῦν τοῦτο φαινόμενον ὅμως γίνεται ὀρεκτὰ πολὺπλοκον ἂν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι ἡ εἰροή q εἰς τὴν ἀρχὴν ἐνὸς ρεύματος δὲν εἶναι σταθερὰ (πλὴν ἴσως τῆς περιπτώσεως μακρᾶς διαρκείας σταθερᾶς ἐντάσεως βροχῆς) ὅτι αἱ μετέπειτα πρὸς τὰ κα-

τάνη είσοαί επιφανειών και παραποτάμων είναι όμοιως άκανόνιστα ώστε τελικώς ή παροχή ενός ρεύματος παρουσιάζει άνομοιόμορφον μετά τοῦ χρόνου μεταβαλλομένην ροήν, μέ διαδοχικά κύματα ροής, όπλα ή συνθετα ώστε νά αντιλαμβανώμεθα τώρα διατί σί υδρολογικά μελέται δεν δύνανται νά υπακθώσιν εἰς άκριβείς υπολογισμούς, άλλ αποτελούν μάλλον αντικείμενον εκτιμήσεων ατ large με σημαντικούς συντελεστας άεφαλείας.

Τό υδρογράφημα ρεύματος εἰς μίαν σταθεράν θέσιν και διά μίαν ώριμένην διάρκειαν χρόνου αποτελεί μίαν κατά πλάτος τομήν (α-α) (βλ. εχ. 175) φανταστικού ρεύματος [μέ ερίκρυνσιν της κλίμακος των χρόνων και αύξησιν της κλίμακος των μηκών], των όποιων ή παροχή είναι συνεχώς μεταβλητή, εἴποτε μέ μεγάλας διαφοράς εἰς παροχάς και άλλοτε μέ ελαχίστας.

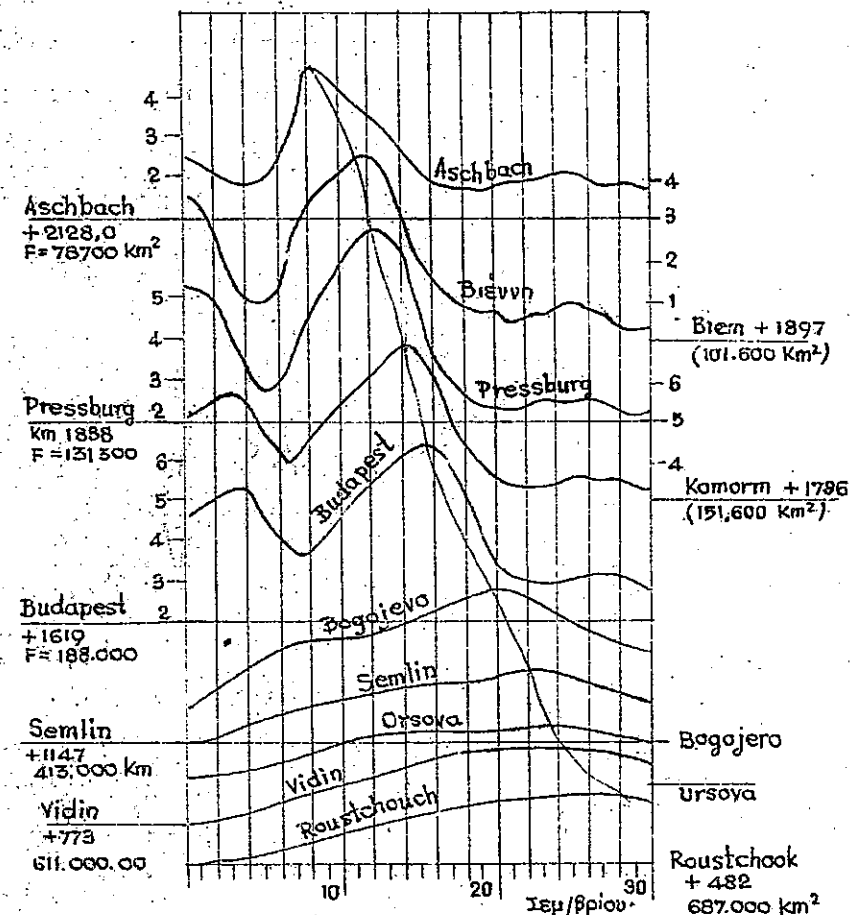


Σχ. 175. Φανταστική μηκοτομή ροής ρεύματος (ερίκρυνσις κλίμακος χρόνου) εἰς ἰδεατόν ρεῦμα μεγάλου μήκους

Τούτο δύναται νά γινή αντιληπτόν αν παραθέσωμεν υδρογραφήματα τοῦ αὐτοῦ ποταμοῦ εἰς διαφόρους θέσεις της μηκοτομῆς αὐτοῦ και κατά τόν αὐτόν χρόνον. Εἰς τό εχῆμα 176 δίδονται τά τοπικά υδρογραφήματα εἰς μήνα Σεπτέμβριον τοῦ Δουνάβειος εἰς διαφόρους θέσεις αὐτοῦ.

Ἐκ τοῦ εχῆματος αὐτοῦ ἐμφαίνεται ή μετακίνησις τοῦ μεγίστου

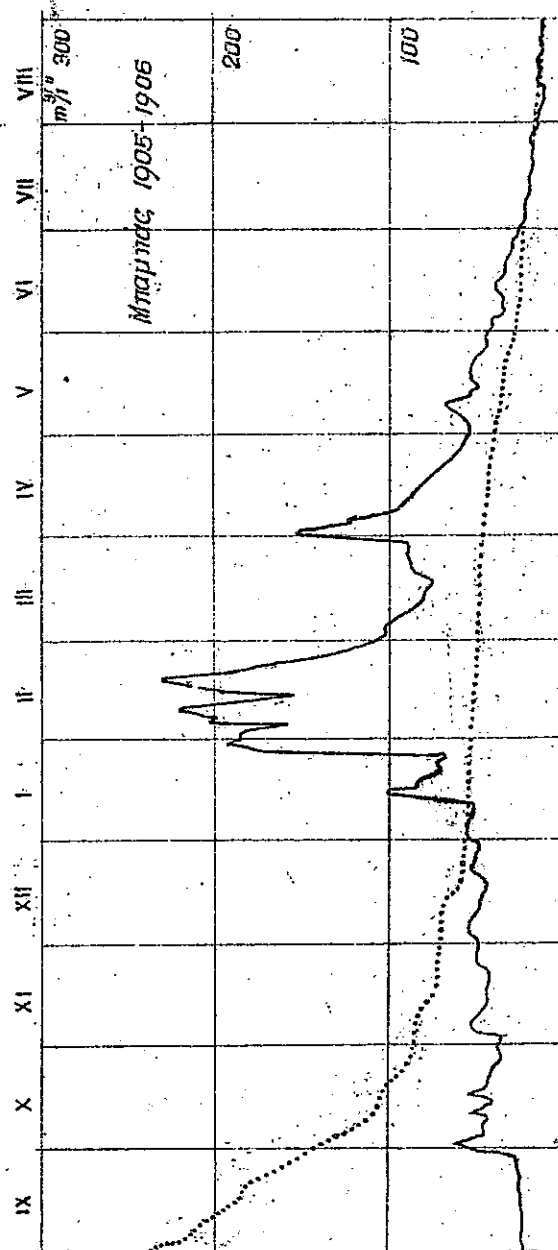
άλλά και ή μεταβολή τοῦ μεγέθους αὐτοῦ λόγω των μεσολαβόντων συντελεστων επιρροής (όγκος αποθηκείσεως πεδιδόος, είσοαί παραποτάμων, διείδυσις κ.λ.π.).



Σχ. 176. Συγχρονισμένα υδρογραφήματα τοῦ Δουνάβειος εἰς διαφόρους σταθμούς κατά μήκος αὐτοῦ.

2.2. Χαρακτηριστικά σημεῖα.

Ἐπαυερχόμενοι, νῦν, εἰς τήν ἐν μιᾷ θέσει, καθηλωμένην τομήν της ροής κατά τήν πάροδον τοῦ χρόνου, ἥτοι εἰς τό υδρογράφημα παρατηροῦμεν διαφόρους χαρακτηριστικές τιμάς αὐτοῦ και δὴ ἓνα μέγιστον, ἓνα ἐλάχιστον και μέσας τιμάς. Εἰς τό



Σκ. 177α. Υδρογράφημα Πηνειού και καμπύλη διαρκείας εἰς θῆσιν Μπαμπᾶς (λεκανὴ 7047,9 km²) διὰ τὰ ἔτη 1905-1906 (κατὰ προσέγγισιν) (Γ.Κ.).

εἰκόνα 177α καὶ 177β ἐμφαίνονται ἐνταῖς αἰχμαὶ τῶν υὑδρογραφημάτων κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ ἔτους καὶ ὅτ' οἱ διὰφοροὶ κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ αὐτοῦ ἔτους. Αἱ διὰφοροι αἰχμαὶ ἀντιστοιχοῦν εἰς διαφόρους σταθμούς αἰτίνες κατατάσσονται συνηθῶς ὡς κατωτέρω κατὰ τὸν Schaffernak:

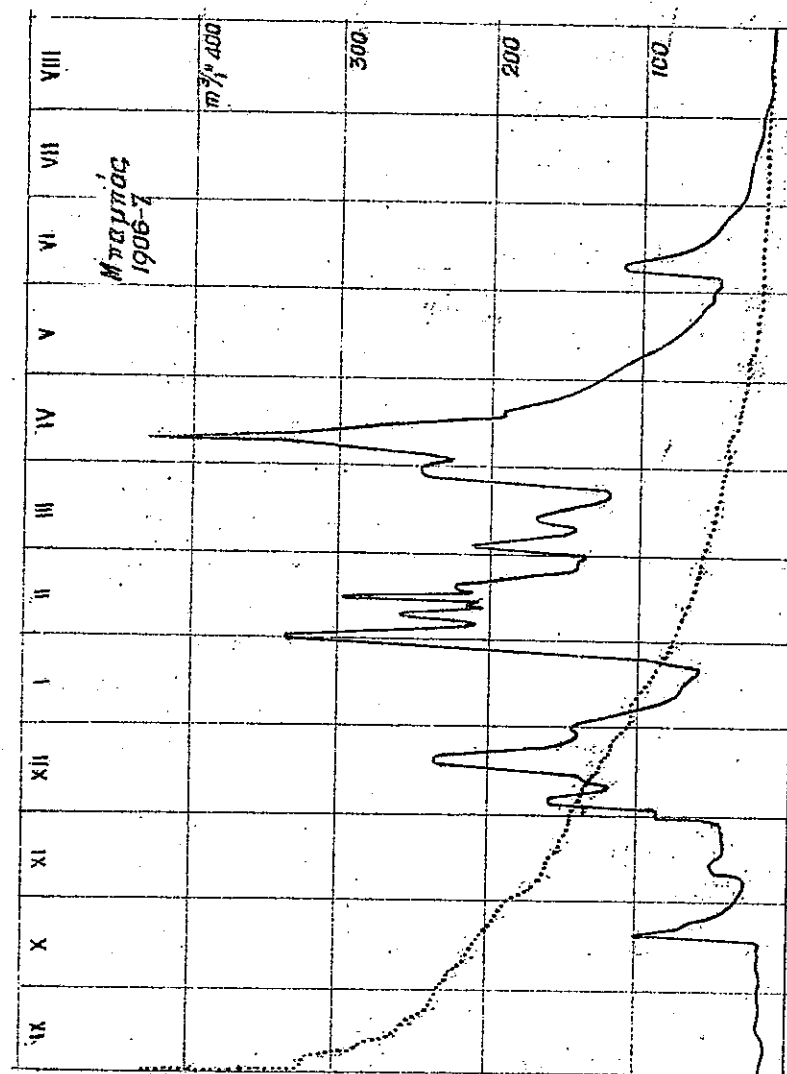
1) Καταστροφικὴ ἀνωτάτη σταθμὴ Κ.Α.Σ., ἡ μέγιστη γνωστὴ ἢ ἐκτιμωμένη μέγιστη παροχὴ ἢ σταθμὴ.

2) Ἀνω ἀνωτάτη σταθμὴ (Α.Α.Σ.) ἡ παρατηρηθεῖσα ἀπολύτως μέγιστη τιμὴ σταθμῆς ἢ παρο-

χῆς καθ' ὅλον τὸ διδωμένον τῶν ὑπαρχουσῶν συνεχῶν παρατηρήσεων ἢ ὑπαρχουσῶν παρατηρήσεων τῶν μεγίστων.

3) Ἀνωτάτη σταθμὴ (Α.Σ.) ἡ ἀνωτάτη μέγιστη παρατηρηθεῖσα κατὰ τὴν διάρκειαν σειρᾶς παρατηρήσεων (συνηθῶς ἔτους ἢ ἐποχῆς ἢ μηνός).

4) Μέση ἀνωτάτη σταθμὴ (Μ.Α.Σ.) ἡ μέση τιμὴ τῶν ἀνωτάτων σταθμῶν μιᾶς περιόδου ἔτων.



Σκ. 177 β. Υδρογράφημα Πηνειοῦ καὶ καμπύλη διαρκείας εἰς θῆσιν Μπαμπᾶς (λεκανὴ 9047,9 km²) διὰ τὰ ἔτη 1906-1907 (κατὰ προσέγγισιν) (Γ.Κ.).

5) Μέση σταθμὴ (Μ.Σ.) ἡ μέση τιμὴ τῶν ἡμερησίων σταθμῶν (καὶ ἀντιστοίχως παροχῶν) διὰ περιόδον ἔτους.

6) Κ.Σ. ἡ κατωτάτη σταθμὴ ἐντός περιόδου ἔτους.

7) Μ.Κ.Σ. ὁ μέσος ὅρος τῶν ἡμερησίων κατωτάτων σταθμῶν μιᾶς περιόδου.

8) κ.κ.Σ. ἡ κατωτάτη παρατηρηθεῖσα στάθμη ἐντός μιᾶς παροχῆς ἑτῶν.

Ἡ διαφόρις αὕτη καθάρως ἐμπειρική δύναται νὰ ὁδηγήσῃ εἰς ἐφαλμένα συμπεράσματα, ἴδια ὅταν αἱ παρατηρήσεις ἐπεκτείνονται εἰς μικράν σειρὰν ἐτῶν. Ἀπὸ ἐτῶν ἤρχισεν εἰς Η.Π. τῆς Ἀμερικῆς ἡ μελέτη τῶν μέσων καὶ ἀκραίων τιμῶν ἐπὶ τῇ βάσει τῆς θεωρίας τῶν πιθανοτήτων, διὰ τὴν ἐφαρμογὴν ὅπως τῆς οὐσίας, ἐξυπακούεται πάλιν ἡ ὑπαρξίς μακρᾶς σειρᾶς παρατηρήσεων, οἱ τρόποι ἐφαρμογῆς αὐτῆς ἐκτίθενται διεξοδικῶς εἰς τὸ VIII κεφάλαιον.

α) Πλημμυραί

Ἐκ τῶν ἀκραίων τιμῶν αἱ πλημμυραί (Α.Σ ἢ Α.Α.Σ) καὶ αἱ ξηρασίαι (κ.κ.Σ) ἀποτελοῦν πάντοτε τὰ ἀπαραίτητα κριτήρια διὰ τὴν μελέτην κυρίων στοιχείων τῶν ὑδραυλικῶν ἔργων καὶ δι' αὐτὸ καὶ ὅταν ἀκόμη δὲν ὑπῆρχον οὐδαμοῦ ἱκαναὶ παρατηρήσεις ὅχι μόνον ἀπορροῶν ἀλλ' οὐδὲν καὶ βροχομετρικαὶ κατεβλήθησαν προσπάθειαι ἐκτιμήσεως αὐτῶν καὶ δὴ συναρτήσῃ τοῦ μεγέθους τῆς λεκάνης ἀπορροῆς. Οὕτω ἀνεπτύχθησαν τύποι ἔνθα ἡ μέγιστη πλημμύρα εἰς σημεῖον τι ρεύματος δίδεται ὑπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς λεκάνης ἀπορροῆς εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο, ἐνίοτε δὲ καὶ τοῦ σχήματος αὐτῆς.

Ἡ συνηθεστέρα ἐκφράσις τοῦ τύπου τούτου εἶναι τῆς μορφῆς

$$(1) \quad Q = c A^n \quad \text{ἢ} \quad q = c A^{n-1} \quad \text{ἢ} \quad \text{παραπλήσιως,}$$

ἔνθα Q ἡ μέγιστη παροχὴ εἰς $\mu^3/\delta\lambda\omega\nu$, q ἡ μέγιστη εἰδικὴ παροχὴ εἰς $\mu^3/\delta\lambda\omega\nu \cdot \chi\mu^2$.

καὶ A ἡ ἐπιφάνεια εἰς $\chi\mu^2$ (Αἱ μονάδες αὗται ἀναφέρονται εἰς τοὺς κατωτέρω τύπους, ἐκτός ἐὰν ἄλλως σημειοῦται).

Ἀνάλογος εἶναι ὁ τύπος τοῦ P. Kriessnik δίδων:

$$(2) \quad q_{\max} = \frac{Q_{\max}}{A} = a \frac{32}{0,5 + \sqrt{A}}$$

ἔνθα a ἐμπειρικός συντελεστής κυμαινόμενος διὰ τὴν Γερμανίαν ἀπὸ 0,01 - 3,07 (!).

Αἱ τιμαὶ τοῦ a δίδονται ἐπὶ κάρτου τῆς καίρας ἔνθα δι' ἑκάστον ποταμὸν ἀναγράφεται καὶ ἡ τιμὴ τοῦ a .

Ὁ Kuichling δίδει τοὺς τύπους:

$$(3\alpha) \quad q = \frac{1254}{A + 440} + 0,22 \quad \text{διὰ συνήθεις πλημμύρας καὶ}$$

$$(3\beta) \quad q = \frac{3618}{A + 958} + 0,08 \quad \text{διὰ σπανίας πλημμύρας}$$

Ὁ Hofman δίδει διὰ Βαυαρικὰς λεκάνας ἐκτάσεως 1-200 τετρ. χλμῶν δίδει τὸν τύπον:

$$(4\alpha) \quad (AA\epsilon) \quad Q = \pi \frac{A}{\sqrt[3]{1+A}} \left(1 - 0,4 \frac{A_w}{A}\right) \text{ εἰς } \mu^3/\delta\lambda\omega\nu$$

ἔνθα A καὶ A_w ἡ ὅλική καὶ ἡ ἐξ αὐτῆς δασωμένη ἔκτασις εἰς τετρ. χιλιάμετρα καὶ π συντελεστής ἐξαρτώμενος ἐκ τῆς μέσης κλίσεως ἰ τῶν κατάντη δύο τρίτων τῆς ἐκτάσεως, καὶ δὴ ὡς ἑξῆς:

$$\pi = 4,5 \quad \text{διὰ } i > 2\% \quad \pi = 3,75 \quad \text{διὰ } i > 0,5\% \text{ καὶ } i < 2,0 \quad \text{καὶ } \pi = 3,0 \quad \text{διὰ } i < 0,5\%$$

Περαιτέρω διὰ μεγαλύτερας ἐκτάσεως λεκάνας τῆς Βαυαρίας δίδει τὸν τύπον

$$(4\beta) \quad (AA\epsilon) \quad Q = \sim 3 \cdot A^{0,71} \quad \text{ἢ} \quad q = \sim 3 \cdot A^{-0,29} \quad \mu^3/\delta\lambda\omega\nu \cdot \chi\mu^2$$

Ὁ Hofbauer δίδει ὁμοίως διὰ τὰς μεγίστας πλημμύρας τὸν τύπον:

$$(AA\epsilon) \quad Q = 60 \beta \cdot \sqrt{A} \quad \text{ἢ} \quad q = \frac{60 \beta}{\sqrt{A}}$$

ἔνθα β συντελεστής $\beta = 0,25 - 0,35$ διὰ πεδινὰ ἑδάφη

0,35 - 0,50 ἢ λοφώδη ἢ

0,50 - 0,70 ἢ ὄρεινά ἢ

Ὁ Kürsteiner δίδει τὸν τύπον:

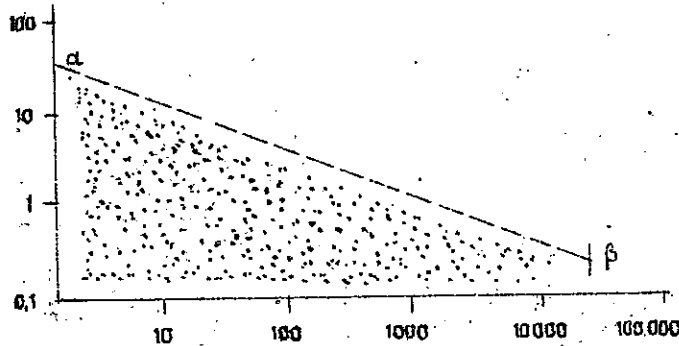
$$Q = c A^{0.67} \text{ και } q = c \bar{A}^{0.33}$$

ένθα $c = 9-12$ τῆς μικρότερης τιμῆς ἐφαρμοζομένης εἰς τὰς μεγαλυτέρας λεκάνας.

Ὁ Jarvis δίδει τὸν τύπον:

$$(5) \quad q = \frac{Q}{A} = \frac{c \sqrt{A}}{A} = \frac{c}{\sqrt{A}}$$

ένθα c (ὡς τὸ a εἰς τὸν τύπον τοῦ Kresnik) κυμαίνεται μεθ' ἑαυτῆς καὶ δὴ ἀπὸ 1,77 ἕως 177. Τοιοῦτοτρόπως τὰ ἐμφανή διαφόρων ρευμάτων δίδονται ὑπὸ τῶν ἐπιγράφων τοῦ σχ. 178. ένθα δὲ ἑκάστου ἐμφανίου ἀντιστοιχεῖ διάφορος συντελεστὴς c . Ἡ $\alpha-\beta$ περιβάλλει τὰς μεγίστας τιμὰς. Ὡς εὐνόητον, ὁ τύπος αὐτῶν δίδει ἀπλῶς τιμὰς ἀσφαλείας οὐκ ἔστιν ἀπραγμάτωσις.



Σχ. 178. Σχέσις $q = \frac{c}{\sqrt{A}}$ εἰς λογ. κλίμακα.

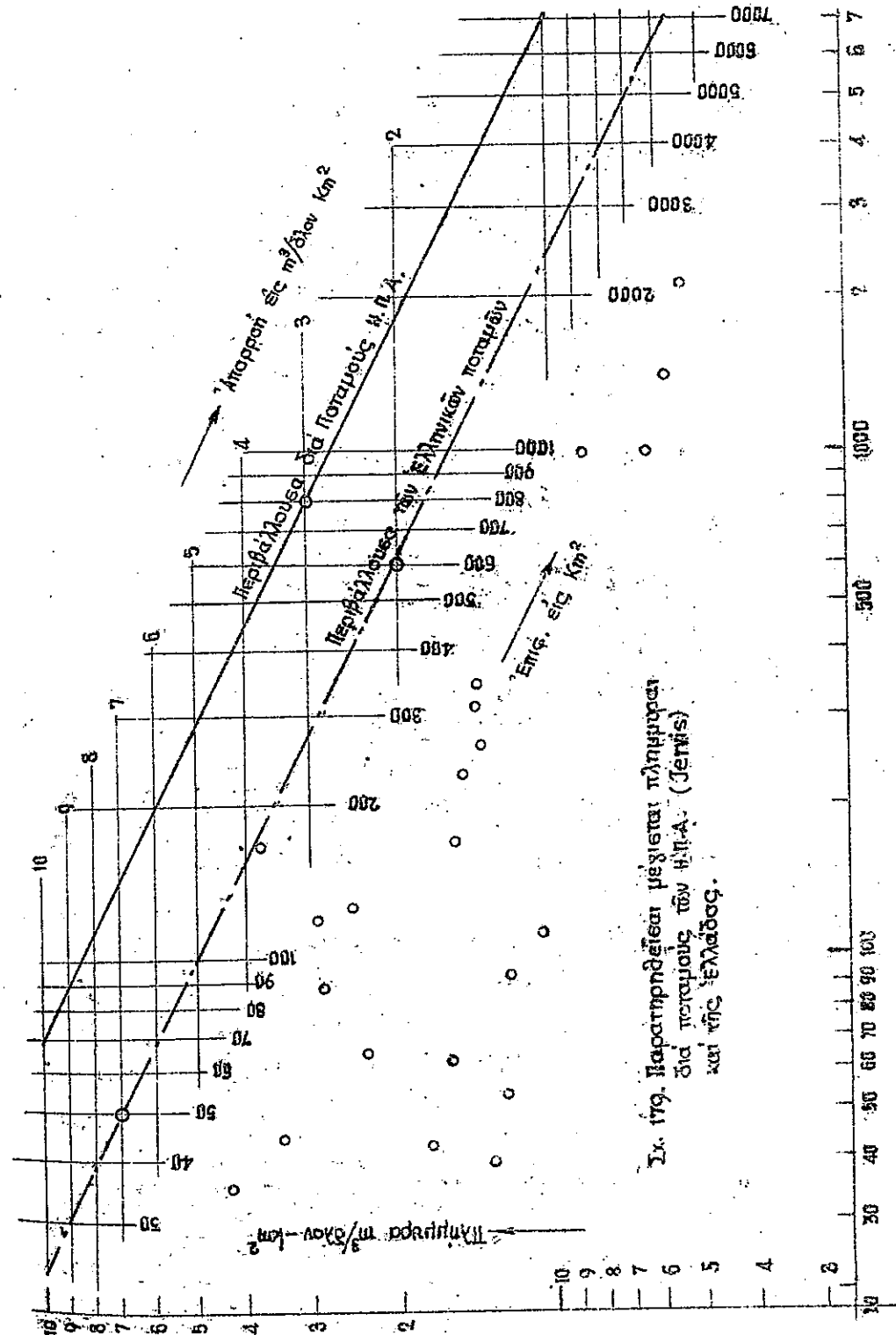
Διὰ μερικά Ἑλληνικά ρεύματα αἱ μέγισται τιμαὶ ἀπορροῶν (Μαλικόπουλος τ.χρ. 305, 1949) ἀνῆλθον εἰς διπλοῦν λογαριθμικὸν χάρτην καὶ ἡ περιβάλλουσα αὐτῶν παραβάλλεται μετὰ τὴν περιβάλλουσαν τῶν Ἀμερικανικῶν ρευμάτων ὡς ἐμφαίνεται εἰς τὸ σχ. 179. (Knappen-Tibbitts - Abbet κατὰ Χατζηλουκῶν).

Ἡ περιβάλλουσα τῶν Ἑλληνικῶν παρατηρήσεων δίδεται κατ' ἡμᾶς ὑπὸ τοῦ τύπου:

$$q = \frac{49.7}{A^{0.507}} \text{ ἢ κατ' ἰκανὴν προσέγγισιν}$$

(6)

$$q = \frac{49.7}{\sqrt{A}}$$



Σχ. 179. Παρατηρεῖται μέγισται πλημυρὰς διὰ ποταμούς τῶν Η.Π.Α. (Jarvis) καὶ τῆς Ἑλλάδος.

κρησίμου διά την πρώτην προσέγγισιν υπολογισμού μεγίστων πλημμυρῶν εἰς ἑλληνικά ρεύματα.

$$[q \text{ εἰς } \mu^3/\delta\lambda\omicron\nu \cdot \chi\mu^2, \quad A \text{ εἰς } \chi\mu^2]$$

Ὁ Fuller δίδει τύπον ἀνήκοντα εἰς τὴν κατηγορίαν (1) καὶ ὅτι:

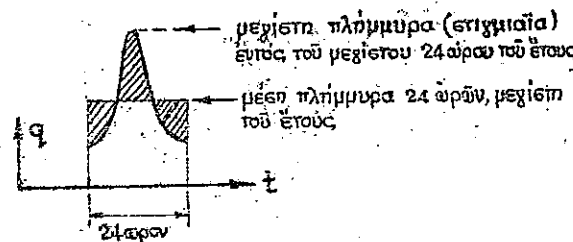
$$(7) \quad q_{\mu} = C_1 \bar{A}^{-0.2}$$

διὰ τὴν μεγίστην πλημμύραν πιθανὴν κατ' ἔτος καὶ μέσης τιμῆς ἐντός 24 ὥρων, ἐνθα ὁ συντελεστής C_1 κυμαίνεται ἀπὸ 0,1452 ἕως 1,1220 (εἰς Ἀμερικανικὰς μονάδας $C_1 = 11 \div 85$ διὰ διαφορὰς ποταμῶν).

Ἡ ἀπόλυτος τιμὴ ὅμως ἐντός τοῦ 24 ὥρου θὰ εἶναι μεγαλύτερα ταύτης (βλ. ε.κ. 180) καὶ ὅθεν κατὰ τὸν Fuller θὰ ἔχη τὴν τιμὴν:

$$(7a) \quad q_{\max} = q_{\mu} (1 + 2,66 \bar{A}^{-0.3})$$

ἐνθα $\bar{A}$ ἡ ἐπιφάνεια πάλιν εἰς τετρ. χιλιόμετρα.



Σχ. 180 Σχέσις $q_{\max} : q_{\mu}$ (ἐξέσεις 6%).

Καὶ ἡ τιμὴ ὅμως αὕτη θὰ εἶναι διὰ τὸ μέσον ἔτος. Ἡ τιμὴ αὕτη θὰ αὐξάνῃ διὰ διαφορὰν περιόδου ἑτῶν παρατηρήσεων. Ὁ Full-

ler ἐν τῇ προσπαθείᾳ του νὰ καλύψῃ τὰς αὐ-

ξήσεις κατὰ περιόδους διαφορῶν ἑτῶν τὰς προσερχομένας ἐκ τῆς θεωρίας τῶν πιθανοτήτων (βλ. Ref. VII) βελτιώνει τὴν ἀνωτέρω ἐξίσωσιν διὰ τῆς παρεμβολῆς τοῦ χρόνου καὶ δίδει:

$$(7\beta) \quad q_{\max, T} = C_1 \bar{A}^{-0.2} (1 + 2,66 \bar{A}^{-0.3}) (1 + 0,8 \log T)$$

ἐνθα T ἡ περίοδος τῶν ἑτῶν τῶν παρατηρήσεων. Ἦτοι ἡ κατ' ἔτος πλημμύρα ($T=1$) ἰσοῦται μὲ τὴν $q_{\max}$ ἐπερίαν. Ἡ πλημμύρα ἀ-

νὰ δεκαετίαν ($T=10$) θὰ εἶναι $q_{\max, 10} = 1,80 q_{\max}$ ἀνὰ 100 ἐτίαν

$$q_{\max, 100} = 2,60 q_{\max} \text{ καὶ ἀνὰ 1000 ἐτίαν } q_{\max, 1000} = 3,40 q_{\max}$$

Δέν εἶναι σπανία ἡ περίπτωσης καθ' ἣν τμήματα ἔργου (ἐκ-
χειρισταὶ φραγμάτων λ.χ.) υπολογίζονται διὰ ἐνδεομένην παροχὴν ἐμφανιζομένην ἀπ᾽ ἀνὰ χιλιετίαν.

Ὁ Myer διαβαδμίζει τὰς διαφορὰς κατηγορίας τῶν ποταμῶν τῶν Η.Π.Α. διὰ τοῦ δείκτου ἑκατοσπαίας διαβαδμίσσεως p (percent rating), ὅστις δίδει τὴν ἐκείν τῆς $\mu \epsilon \gamma \acute{\iota} \sigma \tau \eta \varsigma$ παρατηρηθείσης παροχῆς ποταμοῦ τίνος (ἐντὸς τῶν ἑτῶν παρατηρήσεων) ὡς πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς λεκάνης τοῦ ποταμοῦ, ἦτοι:

$$(8) \quad p = \frac{Q}{100 \sqrt{A}} = \frac{q \sqrt{A}}{100}$$

καὶ ἐπὶ τῇ βδεει τοῦ δείκτου τούτου, συγκρίνει τὰ διάφορα ρεύματα τῆς χώρας καὶ δίδει πίνακα καὶ χάρτην υπολογισμῶν τοῦ " p ", ὃ ἀ τὰ σπουδαιότερα ἐξ αὐτῶν. Προκύπτει ἐντεῦθεν διὰ τὴν αὐτήθην πλημμύραν:

$$(8a) \quad q = 5000 p \cdot \bar{A}^{0.5}$$

καὶ τὴν μεγίστην ταύτην

$$(8\beta) \quad q = 10000 p \cdot \bar{A}^{0.5}$$

Εἰς τὸν τύπον τούτον αἱ παρακαὶ εἶναι εἰς κυβ. πόδας ἀνὰ ὄλον καὶ αἱ ἐπιφάνειαι εἰς τετραγωνικά μίλλια καὶ τοῦτο ἵνα δύνανται νὰ συγκριθῶσιν οἱ ἀριθμοὶ " p " πρὸς τοὺς ἐν Ἀμερικῇ παρατηρηθέντας. (βλ. C.V. Davis Handbook of Applied Hydraulics, 17 ἑκδόσεις μόνον, σελίς 64 κ.ε.ε.).

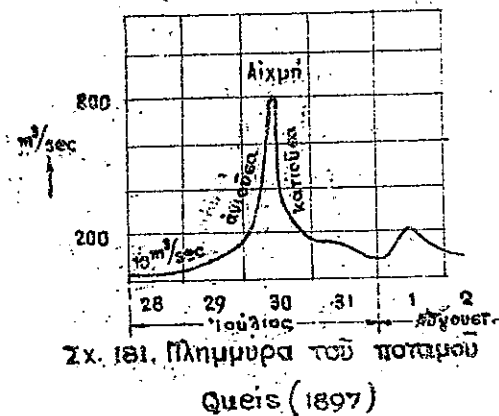
Ὁ Dredge (κατ' ἄλλους ὁ Burge) δίδει τύπον τῆς πλημμύρας εἰς ὃν περιλαμβάνει καὶ τὴν γενικὴν μορφήν τῆς λεκάνης διὰ τῆς εἰσαγωγῆς τοῦ μήκους αὐτῆς, ἦτοι:

$$(9) \quad Q = 19,56 \frac{A}{L^{2/3}} \quad \eta \quad q = \frac{19,56}{L^{1/2}}$$

ἐνθα L = μῆκος τῆς λεκάνης ἀπορροῆς, εἰς χιλιόμετρα. Ἐφ' ὅσον αὐξάνει τὸ μῆκος τῆς λεκάνης ἐλαττοῦται ἡ ἀπορροή.

Διὰ $L = 8 \text{ Km}$ $q = 4,89 \text{ m}^3/\text{ὄλον} \cdot \text{χιλμ}^2$. Διὰ $L = 64 \text{ Km}$ ἡ ἀπορροή ἔσται $1,22 \text{ m}^3/\text{ὄλον} \cdot \text{χιλμ}^2$ κ.α.κ. Ὁ τύπος οὗτος συνετάχῃ καὶ ἰσχύει διὰ τὴν περιοχὴν τῶν Ἰνδιῶν.

Τὰς ὡς ἄνω τιμὰς τῶν πλημμυρῶν χρῆσιμοποιοῦμεν ὅπου δὲν ὑπάρχουν συνεχῆ ὑδρογραφήματα ἢ ὅπου δὲν δυναμέδα νὰ ὑπολογίσωμεν ταύτας ἐκ τῶν βροχῶν (βλ. κεφ. vi) προσδιορίζοντες τοιοῦτοτρόπως τὴν αἰχμὴν τῆς πλημμύρας. Ἡ πλημμύρα ἐν τῇ μικροτομῇ, θὰ ἔχῃ τὴν ἐν τῷ σχήματι 162 διδομένην μορφήν καὶ ἡ αἰχμὴ τῆς στάθμης θὰ μετακινῆται ὡς ἐν τῷ σχήματι τοῦτο (βλ. σελ. 214) ἐμφαίνεται, ὅπου ἡ κλίσις τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος τοῦ ποταμοῦ πρὸς τὰ ἀνάμτη θὰ εἶναι πάντοτε ὁμαλωτέρα ἢ πρὸς τὰ κατάντη, τὰ δὲ βάθος τοῦ ὕδατος θὰ βαίνει ἐλαττούμενον. Εἰς τὸ σχῆμα 181. ἐμφαίνεται ἡ καταστρεπτικὴ πλημμύρα τοῦ ποταμοῦ Queis (1897) λεκάνης 303 χιλμ².



Ἡ ταχύτης μεταδόσεως τῶν πλημμυρῶν ω (χιλ/ὄραν) ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μέγεθος τῆς πλημμύρας καὶ τὰς τοπογραφικὰς συνθήκας τῆς λεκάνης καὶ τοῦ ἄγωγου. Προσδιορίζεται δὲ ἐκ τῶν σταθμημετρικῶν σταθμῶν κατὰ μῆκος τοῦ αὐτοῦ ποταμοῦ ἐκ τοῦ ἀπαιτουμένου χρόνου διὰ τὴν

διόδον αὐτῆς, δι' ἧς ἐκαστος ἐξ αὐτῶν. Τὰ μεγαλύτερα ὕψη πλημμύρας παρουσιάζουν μεγαλύτερας ταχύτητας ἀπὸ τὰ μικρότερα. Ἡ ταχύτης ω τοῦ κύματος δίδεται κατὰ προσέγγισιν ὑπὸ τοῦ τύπου (βλ. καὶ σχῆμα 162).

$$\omega = \frac{f_1 \cdot u_1 - f_2 \cdot u_2}{f_1 - f_2}$$

ἐνθα f_1 καὶ f_2 ἡ διατομὴ τοῦ ρεύματος διὰ τὰς στάθμας h_1 καὶ h_2 .

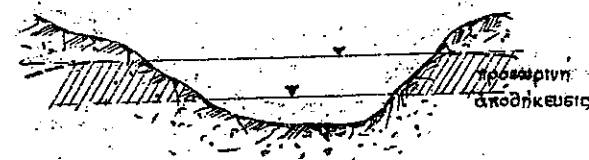
Κατὰ προσέγγισιν ἡ ταχύτης μεταδόσεως εἶναι:

$$\omega = \frac{3}{2} u \text{ διὰ διατομὴν ὀρθογωνικὴν μεγάλου πλάτους}$$

$$\omega = \frac{4}{3} u \text{ διὰ παραβολικὴν διατομὴν ὅπου } u \text{ ἡ ταχύτης τοῦ ὕδατος.}$$

Ὁ Δούναβις εἰς τὴν Βιέννην μεταδίδει τὰς πλημμύρας τοῦ μέ $\omega = 3,8 \text{ κμ/ὄραν}$.

Οὕτω ὑπολογίζεται ἡ ταχύτης τῆς πλημμύρας τοῦ Elbe εἰς 8-10 κμ/ὄραν παρὰ τὸ Leitmeritz μειουμένη εἰς 2-3 κμ/ὄραν εἰς τὰ Πρώσοσαξονικά ἐνθα ὅπου ὁ ποταμὸς διέρχεται δι' ἐδάφους ἅτινα ἔχουσιν μεγάλην ὑποχείαν χωρητικότητα καὶ ἀπορροῶσιν μέρος τῆς πλημμύρας, ἔστω καὶ προσωρινῶς διὰ νὰ τὸ ἀποδώσῃν ὀργότερον εἰς τὸν ποταμὸν (βλ. σχ. 182).



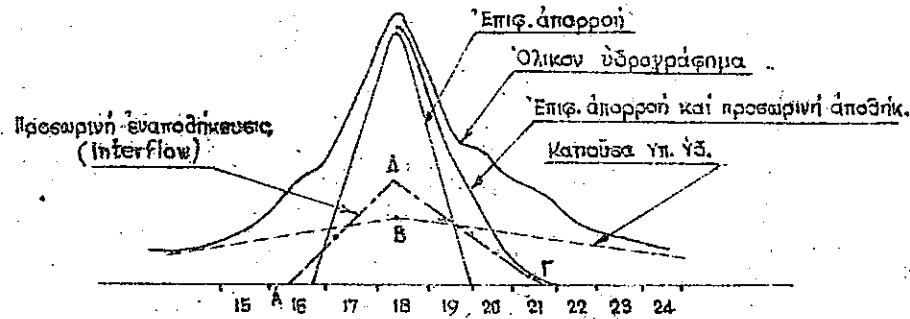
Σχ. 182. Προσωρινὴ ἀποθήκευσις πλημμύρας.

Τοιοῦτοτρόπως ἡ παροχὴ μιᾶς πλημμύρας - κατὰ τὴν διέλευσιν αὐτῆς - ἀποτελεῖται ἀπὸ τρία τμήματα ἢτοι ἀπὸ τὴν πραγματικὴν ἐπιφανειακὴν ἀπορροήν, ἀπὸ

τὴν προσωρινὴν ἐναποθήκευσιν ἐντὸς τοῦ ἐδάφους (σχ. 183) καὶ ἀπὸ τὴν μόνιμον παροχὴν τῶν ὑποχείαν ὕδατων ἥτις καὶ τροφοδοτεῖ τὴν παροχὴν μετὰ τὰς βροχάς.

Οὕτω ὁ Barnes δίδει τὴν ἐν τῷ σχ. 183 πιθανὴν διανομὴν τῶν ποσοτήτων τούτων κατὰ τὴν διόδον μιᾶς πλημμύρας, ὅπου τὸ ὅλικόν ὑδρογράφημα ἀποτελεῖται ἀπὸ τὴν πραγματικὴν ἐπιφανειακὴν ἀπορροήν, τὴν προσωρινὴν ἐναποθήκευσιν (διάγραμμα αὐτῆς ΑΔΓΑ) καὶ τὴν ῥοὴν τῶν ὑποχείαν ὕδατων.

Ἡ ὡς ἂν αὖ πάλιν μορφή, γίνεται πολυπλοκωτέρα ἐάν ἔχωμεν συνειρήνη διαφορετικῶν βροχῶν ἀλλεπάλληλα κύματα πλημμυρῶν ὁπότε ἔχομεν συνθέτους μορφὰς τοῦ ὑδρογραφή-



Σχ. 183. Κατανόμη παροχῶν ὑδρογραφήματος (Barness)

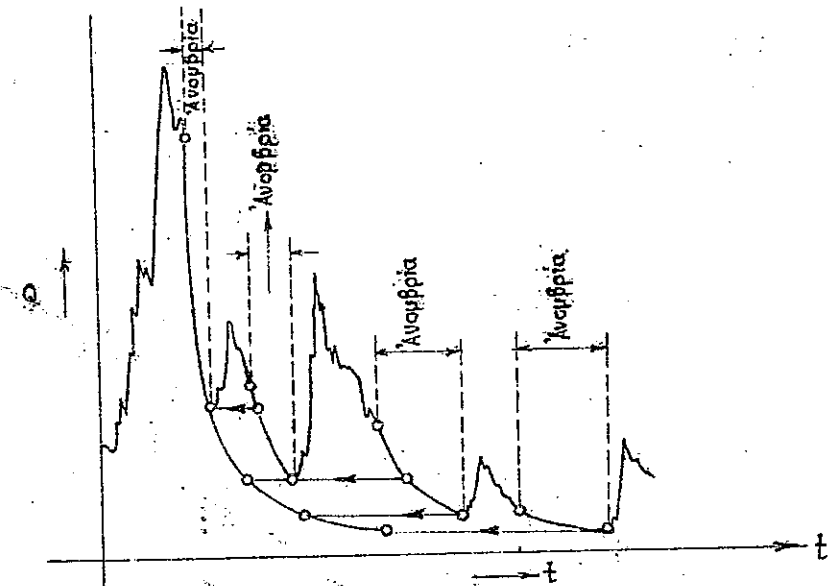
ματος (βλ. ε.χ. 169, ἀπορροή Βουραϊκοῦ).

Ἐκ τῆς μελέτης τῶν ὑδρογραφημάτων παρατηροῦμεν ὅτι ἐνῶ ἡ ἀνιοῦσα πλευρά τῆς πλημμύρας, λαμβάνει μορφὰς ἐξαρτωμένας ἀπὸ τὴν βροχήν (ὑψος, ἐνταση, διάρκεια) εἰς τὴν λεκάνην (ἀπόλεια, εἰρημα, κλίσεις), ἡ κατιοῦσα πλευρά ἐξαρτᾶται ἐνυπόθετος ἀπὸ τὴν μορφολογίαν τοῦ ρεύματος καὶ μόνον καὶ εἰς περίπτωσιν καθ' ἣν σταματᾷ ἡ βροχή ἢ ἀποσβευνυμένη πλευρά τῆς κατιοῦσης ἔχει σταθεράν μορφήν, εἴτε πρόκειται περὶ ἐνός συνεχοῦς ὑδρογραφήματος ἢ περὶ περισσοτέρων διαδοχικῶν τοιούτων ὡς ἐμφαίνεται εἰς τὸ ε.χ. 184.

Ἡ κανονικὴ κατιοῦσα πλέου ἔχει μαθηματικὴν μορφήν καὶ συχνάκις οἶδεταί δι' ἐξισώσεως τῆς μορφῆς:

$$(10) \quad Q = a \cdot e^{b\sqrt{t}}$$

ἐνθα Q ἡ παροχή μετὰ t ἡμέρας ἀπὸ τὴν τελευταίαν βροχήν. Οἱ a καὶ b εἶναι συντελεσταὶ δι' ἕκαστον ποταμόν. Διὰ τὸν Μαιλ λ.χ. εὑρέθη $a=766,5$ καὶ $b=-0,403$.



Σχ. 184. Κατιοῦσα ὑδρογραφήματος.

β. Ἐννοιαί.

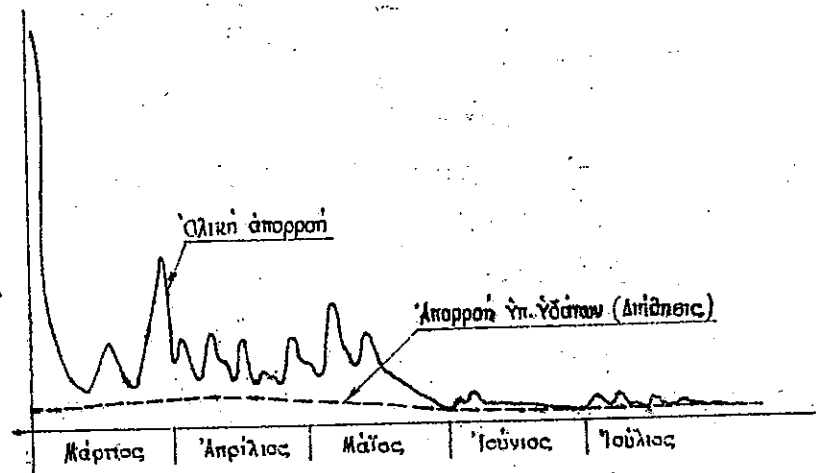
Αἱ κατὰ τὴν τιμὰν τῶν ὑδρογραφημάτων ἀντιστοιχοῦν εἰς μὴ νας ἀνομβρίας. Ἐπίσης διὰ παρατηρήσεως μακρὰς σειρᾶς ἐτῶν παρατηροῦνται χαμηλὰ ὑδρογραφήματα κατὰ τὰ ἐπὶ χαμηλῶν βροχῶν.

Εἰς πλείστα Ἑλληνικὰ ρεύματα μικρᾶς λεκάνης ἀπορροῆς, παρατηροῦνται μὴνές καθ' οὓς ἡ παροχή κατέρχεται εἰς τὸ μηδέν.

Διὰ τοὺς ξηροὺς μῆνας αἱ παροχαὶ τοῦ ὑδρογραφήματος, ὅτε παρουσιάζει τοῦτο ἀπόρροας, ὀφείλονται κυρίως εἰς ἐμφανίσεις ὑπογείων ὑδάτων (πηγῶν ἢ ῥοαί ὑπογείων ὑδάτων), δοθέντος ὅτι καὶ ἐκ τῶν τελευταίων περυσίων βροχῶν ἀπορροαὶ ὅτι εἶχον ἤδη ἀπορρεύσει ἐπιφανειακῶς, κατὰ τὸ διάστημα ποὺ ἐμφανίζονται αἱ ἀπορροαὶ τοῦ ρεύματος.

Εἰς τὸ ε.χ. 169 ἐμφαίνονται αἱ ἀπορροαὶ τοῦ ποταμοῦ Rappahannock (Conn., U.S.A.) ὅπου διακρίνονται αἱ ἀπορροαὶ αἱ προ-

ερχόμενοι εξ υπογείων υδάτων, αΐτινες είναι σχεδόν καί αι μόναι κατά τούς μήνας 'Ιούνιον καί 'Ιούλιον.



Σχ. 169. Απορροαί ποταμού Rempereaug (1914)

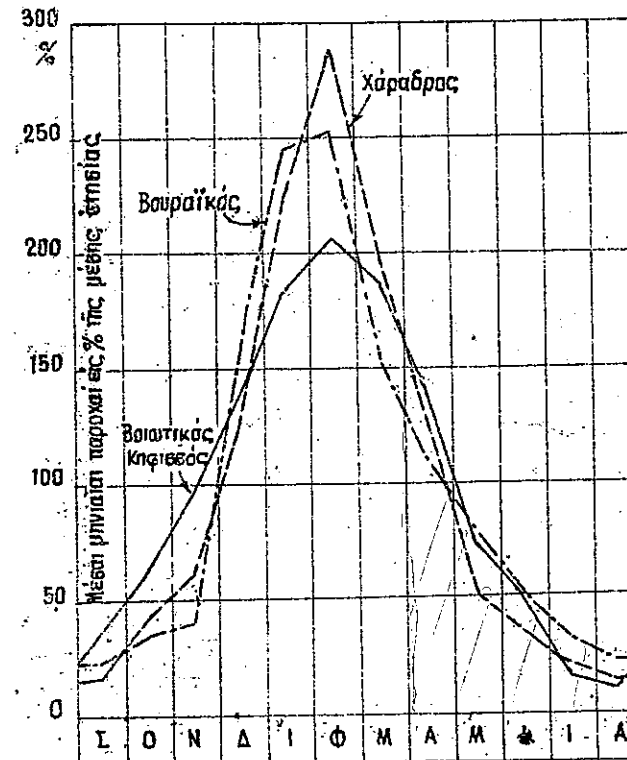
2.3. Τύποι απορροών ποταμών.

Η παρακολούθηση της υδρολογικής διαίτης των ποταμών μας επιτρέπει να κατατάξωμεν τούτους εἰς διαφόρους τύπους ἀναλόγως τῶν υδρολογικῶν καὶ τοπογραφικῶν συνθηκῶν. Οὕτω:

α) ποταμοὶ τροφοδοτούμενοι ἀπὲς εὐθείας καὶ μόνον ἐκ τῶν βροχῶν παρακολουθοῦν τὴν διαίτην τῶν βροχῶν παρουσιάζουν τὰ μέγιστα καὶ ἐλάχιστα αὐτῶν ὅπως καὶ αἱ βροχαὶ δοθέντος, ὅτι αἱ βροχαὶ παρουσιάζουν τὰς μεγίστας αὐτῶν τιμὰς μεταξὺ Δεκεμβρίου καὶ 'Ιανουαρίου αἱ μέγισται ἀπορροαὶ αὐτῶν ἐμφανίζονται εἰς τὴν αὐτὴν περίοδον. Οὕτω ἔχομεν τὸν **β ρ ό χ ι ν ο υ** τύπον τῶν ρευμάτων (εχ. 165).

β) ποταμοὶ τροφοδοτούμενοι ἐκ λεκανῶν ἐνθα πηπτεῖ χιόν παρουσιάζουν καὶ δευτέραν αἰχμήν τῶν μηνόεσθαι υδρογραφημάτων συμπύπτουσαν μετὰ τὴν περίοδον τήξεως τῶν χιόνων, αἰχμήν μεγαλυτέραν ἢ μικροτέραν τῆς βροχῆς

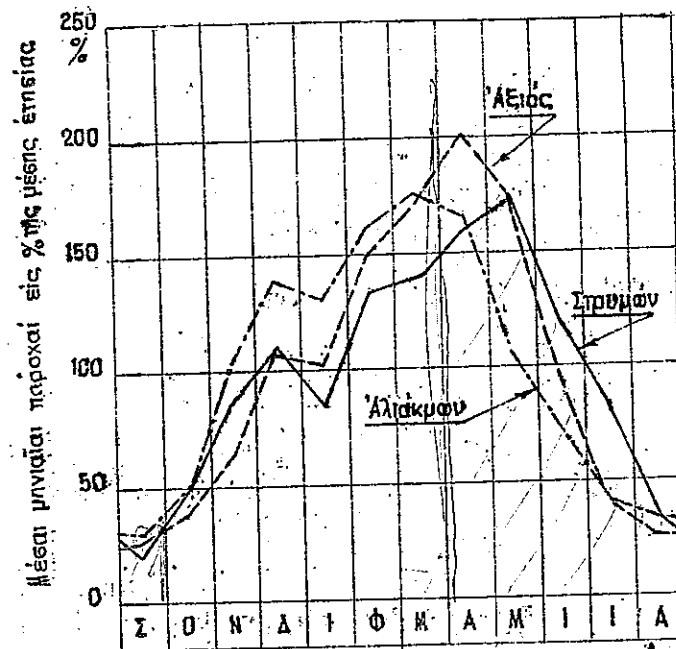
ἀναλόγως τῆς διανομῆς βροχῆς καὶ χιόνος. Ὁ τύπος αὗτος εἶναι ὁ **χ ι ο ν ο β ρ ό χ ι ν ο ς**. Εἰς τὸ εχ. 177 δίδονται αἱ ἀπορροαὶ δύο ἐτῶν τοῦ Πηνειοῦ ποταμοῦ, χιονοβροχίνου τύπου. Εἰς τὸ εχ. 166 δίδονται περαιτέρω αἱ μέσαι σχετικαὶ ἀπορροαὶ τριῶν ἄλλων χιονοβροχίνων ποταμῶν τῆς Ἑλλάδος.



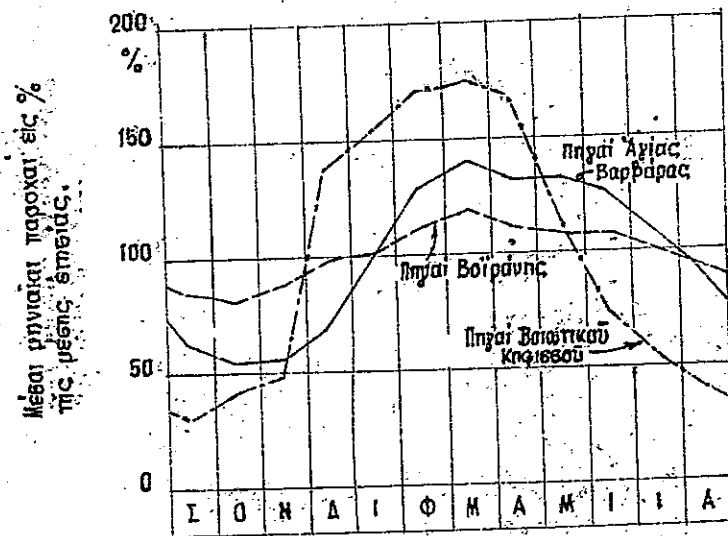
Σχ. 165. Βροχίνος τύπος. Σχετικαὶ παροχαὶ (Μαλικοπούλος).

γ) Ποταμοὶ τροφοδοτούμενοι κυρίως ἀπὸ ὕδατα πηγῶν παρουσιάζουσιν πολὺ ἀμβλυτέρας αἰχμὰς καθότι αἱ βροχαὶ διαρχόμεναι διὰ τοῦ ἐδάφους καὶ ἐκβάλλουσιν εἰς τὰς πηγὰς ὑφίστανται ὑπερρῆσιν τῆς παροχῆς αὐτῶν, δημιουργοῦσαι οὕτω τοὺς **π ή γ α ί ο υ ς** τύπους ρευμάτων. Εἰς τὸ εχ. 167 δίδονται αἱ μηνόεσθαι ἀπορροαὶ ρευμάτων τροφοδοτούμενων ὑ-

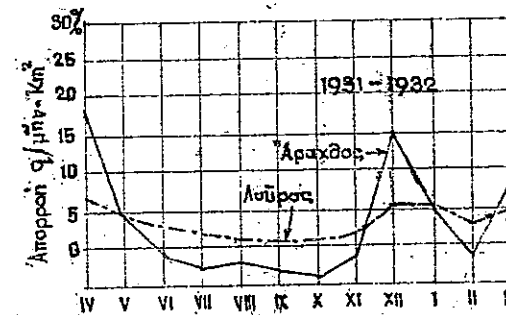
πὸ πηγῶν. Εἰς τὸ εχ. 167^α δίδονται αἱ μηνιαῖαι ἀπορροαὶ τῶν χειτονικῶν ποταμῶν Λούρου καὶ Ἀράχθου, ἀνηχμέναι εἰς Km^2 λεκάνης ἀπορροῆς καὶ τοῖς ἑκατὸν τῆς ὁλικῆς ἀπορροῆς διὰ τὸ αὐτὸ υδρολογικὸν ἔτος. Εἶναι ἐμφανὴς ἡ διαφορὰ μεταξὺ τοῦ πηγαιῖου καὶ τοῦ βροχίνου τύπου ρεύματος, δοθέντος ὅτι ὁ Λούρος τροφοδοτεῖται κυρίως ἀπὸ πηγῆς.



Σχ. 166. Χιονοβρόχινος τύπος. Σχετική παροχή (Μαλικόπουλος).



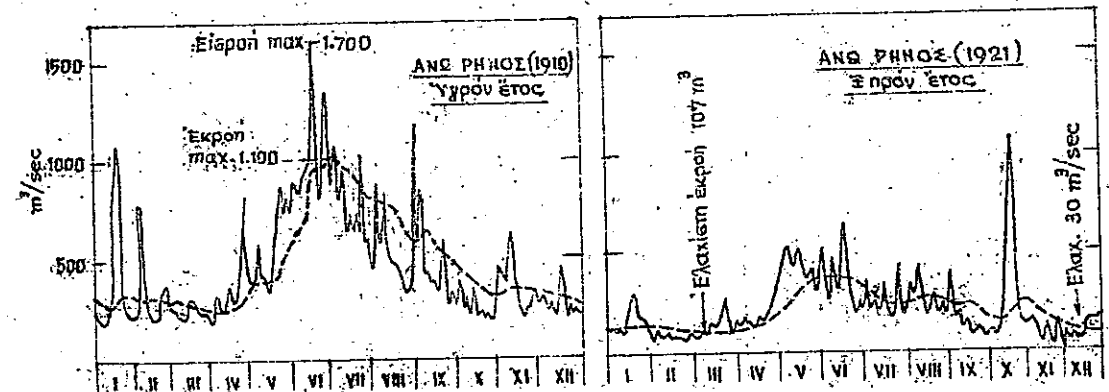
Σχ. 167. Πηγαίος τύπος, Σχετική παροχή (Μαλικόπουλος).



Σχ. 167. Συγκρίσεις πηγαίου (Λούρος) και βροχίνου (Αραχθός) τύπου διά το αυτό έτος (Γ. Π. Κ.).

δ) Η ἀμβλυσις των αἰχμῶν ἥτις προέρχεται διὰ τῆς ἀποθηκεύσεως ἐν τῷ ἐδάφους, προέρχεται ἐπίσης καὶ διὰ τῆς ἀποθηκεύσεως εἰς ἐπιφανειακοὺς χώρους, ἥτοι εἰς λίμνας. Οὕτω ποταμοὶ μὲ ξείας αἰχμὰς εἰσερχόμενοι εἰς λίμνας, ἐξέρχονται αὐτῶν μὲ πολὺ ὁμαλωτέρας διακυμάνσεις καὶ ἀποτελοῦν τοὺς λιμναίους τύπους ποταμῶν.

Εἰς τὸ σχῆμα 168 δίδονται αἱ ἀπορροαὶ τοῦ Ρήνου πρὸ καὶ μετὰ τὴν διόδον αὐτοῦ διὰ τῆς λίμνης Boden-See (Κωνσταντινῆς, Ἑλβετία).



Σχ. 168. Λιμναῖος τύπος ρεύματος (Ρήνος πρὸ καὶ μετὰ τὴν λίμνην Bodensee).

Δ. Διάβρωση και Φερται Ύλαι

1. Διάβρωση του εδάφους.

Τα ύδατα της βροχής - μετά τις απώλειες αυτών εξ εξατμίσσεως ή διεισδύσεως - ρέοντα επιφανειακώς επί του εδάφους και άρχην και εις συνεχώς αυξανόμενου μεγέθους ρεύματα, διαβιβρώσκουν και συμπαρεύρουν μόρια του εδάφους ποικιλιωτάτων μεγεθών (από μικρομετρικών μέχρι κολοσειαίων διαστάσεων) άτινα παρασύρονται είτε αιώρουμενα εντός του ρέοντος ύδατος είτε ευρόμενα επί της στερεάς ή κινουμένης επίσης κοίτης επί της οποίας ρέει τό ύδωρ.

Η διάβρωση του ύδατος δεν προκαλείται μόνον από τό ύδωρ αλλά και από τό άνεμον. Πλήν των μεγάλων μεταφορών λεπτοκόκκων εδαφών υπό του ανέμου (αίολικοί θίνες) οί άνεμοι μεταφέρουν και μικράς ποσότητας λεπτοκόκκων υλικών άπινες, λόγω στροβιλισμών εις τας ανωμαλίας των ρυακίων, καθιζάνουν εντός αυτών και παρασύρονται είτα υπό του ύδατος.

Διά των άποσαθρώσειν και την κανικορροποίησιν του εδάφους και την προετοιμασίαν διά την διάβρωσιν αΐτου ευτελούν τα μεταβολογικά φαινόμενα (βροχή, παχυνία πίκουσα τό ύδωρ των κενών, όπερ ούτω θραύει τό έδαφος) αλλά και βιολογικά φαινόμενα (ρίζαι των φυτών, μικρόβια του εδάφους, μυκητες, παράσιτα κ.λ.π.).

Η υδατική διάβρωση διακρίνεται εις τας δύο ακόλουθους μορφάς:

α) Όρεινή διάβρωση, εις τας όρεινάς λεκάδας, εμφανιζομένη διά της θραύσεως των βράχων και της παρασύρσεως αυτών εις τα κατόντη (βλέπε και εσρες, όλοκληρους χειμάρρους, φερτών υλών επί των άποτόμων πρωτογενών όρεινών κλιτύων) εντός της κοίτης των ρεόντων

υδάτων ένθα διά της συνεχούς τριβής επέρχεται έλάττωσις του όγκου των μεμονωμένων τεμαχίων και συνεχής εκλέπτυνσις αυτών, ίδια κατά τας καταχίδας και ύψηλās απορροάς. Κατά την κίνησιν ταύτην έχομεν λίαν ίεχυσράς κλίσεις του εδάφους.

β) Πεδινή διάβρωση, παρουσιαζομένη εις τα όμαλότερα εδάφη μετά ή άνευ φυτείας προκαλουμένη από την προσπίθειαν του ύδατος να ανοίξη διαδρομήν διά του εδάφους προς άπορροήν. Κατά τον Gustafsson η πεδινή διάβρωση διακρίνεται εις

1. επιφανειακήν διάβρωσιν, επιτελουμένην κατά λεπτά στρώματα επί όλης της επιφανείας του εδάφους.
2. Διάβρωσιν ρυακίων, προκαλουμένην κατά τον σχηματισμόν ρυακίων με ίκανήν κλίσιν και μικράς διαστάσεις (2-5 εκατοστά).
3. Διάβρωσιν χαραδρών, ήτοι ρυακίων μεγαλυτέρων διαστάσεων ένθα πλήν του επιφανειακού εδάφους, διαβιβρώσκεται νυν και τό υπέδαφος.

Αι δηλώσεις ύδατος και εδάφους διά διάφορα είδη εδαφών διδεται υπό του H. M. Heakin διά του ακόλουθου πίνακος:

	Μέση ετησία απώλεια		Ετησίαν ή διήκον διάβρωσιν 25 κιλ.
	Βροχής, %	Έδαφους τόννοι/στρέμμα	
Χέρσα εδάφη, με άρσιν 20 εκ.	30,3	10,3	3,4
Συνεχής άραβόειτος	29,4	5,0	7,1
" είτος	23,3	2,5	14,0
Άραβόειτος, είτος, τριφυλλι	13,8	0,7	52,0
Λειμώνες	12,0	0,07	460,0

Διά της διαβρώσεως του εδάφους γίνεται ός ένας απόπλυσις των λεπτών ευετατικών (ώς η κολλοειδής άργιλλος) των άπαραι-

τητων δια την φυτείαν, ενω εξ άλλου άλλακοῦ παρατηροῦνται προσχώσεις (κῆνοι ἐκκρίψεις, μαϊανδροί, κ.λ.π.) ζημιούσαι ὑπαρχούσας φυτείας. Ἐξ άλλου λεπτά αἰωρούμενα ὑλικά δύνανται μετὰ τοῦ ὕδατος νὰ εἶναι χρήσιμα εἰς τὴν γεωργίαν (βλ. γεωργικὴν ὑδραυλικήν).

Αἱ φερταὶ ὕλαι ἐξ άλλου παρουσιάζουν μεγίστας ἐνίστε δυσχερείας εἰς τὰ ἔργα ὑδροληψίας ἐξ ἀγωγῶν (ρουφράκται, ἀντλιοστάσια) ἐνω ἐκ παραλλήλου προκαλοῦσιν μεγάλας ἀπωλείας εἰς τὰ ἔργα ἀποδηκεύσεως (τεχνηταὶ λίμναι) ἐλαττώνουσαι βαθμιαίως τὸν φέλιμον ὅγκον ἀποδηκεύσεως ὕδατος ὅπως δὲ τῶν φραγμάτων.

2. Αἱ φερταὶ ὕλαι.

Ἐφ' ὅσον τὰ ὑλικά διαβρώσεως εἰσέλθουν εἰς τὰ ρεύματα πλάνωνται ἐντὸς αὐτῶν συνεχῶς ἢ διακεκομμένως μέχρι τῆς τελικῆς σταθμεύσεως εἰς μεγάλας προσχώσεις ἢ τὰ ἔξελτα τῶν ποταμῶν (καὶ ἐκείθεν μέρος αὐτῶν ἐξακολουθεῖ νὰ πλάνωνται κατὰ μήκος τῶν ἀκτῶν ἢ εἰς τὸ βάθος τῶν θαλάσσης).

Ἐντὸς τῶν ρευμάτων, τὰ ὑλικά πάντα φερόμενα ὑπὸ τοῦ ὕδατος λέγονται φ.ε.ρ.τ.αὶ ὕ.λ.αι, καὶ ὅτ' αἱ μὲν εὐμεγέθεις ἐξ αὐτῶν εὐρόμεναι παρὰ τὸν πυθμένα καλοῦνται ε.υ.ρ.ό.μ.ε.ν.α.ι ὕ.λ.αι, αἱ δὲ λεπτόκκοκοι αἰωρούμεναι ἐντὸς τοῦ ὕδατος καλοῦνται αἰ.ω.ρ.ο.ύ.μ.ε.ν.α.ι ὕ.λ.αι.

Ὅς εὐνόητον δὲν ὑπάρχουν σαφεῖ ὅρια διακρίσεως τῶν δύο κατηγοριῶν. Πλὴν τῶν ἀπολύτως φερτῶν ὑλικῶν ἅτινα δὲν καθίζανουν καὶ διὰ ἐλαχίστην κίνησιν τοῦ ὕδατος, αἱ λοιπαὶ ὕλαι ἐναλάσσουσιν κατάστασιν ἀναλόγως τῶν ὑδραυλικῶν συνθηκῶν (κλίσις, παχύτης, στροβιλισμός) τοῦ παραέχοντος αὐτοῦ ρεύματος καὶ τῆς ἰδίας συνθέσεως αὐτῶν (κοκκομετρικὴ σύνθεσις, σχῆμα, εἰδικὸν βάρος).

Τὸ ποσὸν τῶν φερτῶν ὕλων ὅπερ διέρχεται ἐκ μιᾶς διατομῆς ρεύματος εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου καλοῦμεν ε.τ.ε.ρ.ε.ἰ.ν. π.α.

ρ.ο.χ.ή.ν (εὐρομένην καὶ αἰωρούμένην), ἐνῶ τὸ σύνολον τῶν φερτῶν ὕλων ὅπερ διέρχεται εἰς μίαν ὀρισμένην διάρκειαν χρόνου (συνήθως μῆνα ἢ ἔτος) καλοῦμεν ε.τ.ε.ρ.ε.ἰ.ν. φ.ο.ρ.τ.ί.ο.ν.

α) Συρόμεναι ὕλαι.

Αἱ φερταὶ ὕλαι κατὰ τὴν διαδρομὴν αὐτῶν ἀπὸ τῆς ὀρείντης περιοχῆς πρὸς τὰς πεδιάδας ἐλαττοῦνται συνεχῶς εἰς μέγεθος, πρῶτον λόγῳ συνεκοῦς τριβῆς εἰς τὸν πυθμένα μετὰ τῶν καὶ πρὸς τὸν ἐνίστε βραχώδη πυθμένα καὶ δεῦτερον λόγῳ ἐλαττώσεως τῶν δυνάμεων αἰτίνες τὰς μεταφέρουν ἐπερχομένης τοιοῦτοτρόπως τῆς γνωστῆς ἐμφανοῦς διαλογῆς τοῦ ὑλικοῦ κατὰ μήκος τοῦ ρεύματος.

Ὁ H. Sterberg διδὼν θεωρητικὴν ἔκφασιν τῆς ἐκ τῶν τριβῶν ἀπωλείας τῶν κόκκων ἐκκινῶν ἐκ τῆς παραδοχῆς ὅτι τὸ ἀρχικὸν βάρος P_0 , κόκκου τίνος μετὰ διαδρομὴν μήκους S γίνεται P μετ' ἀπώλειαν:

$$dP = -cPds$$

ἐνθα c ἢ ἀνὰ μέτρον ἀπώλεια βάρους, ὁπότε

$$\log nat P = -cS + c$$

$$\text{καὶ διὰ } S=0 \quad \log nat P_0 = c$$

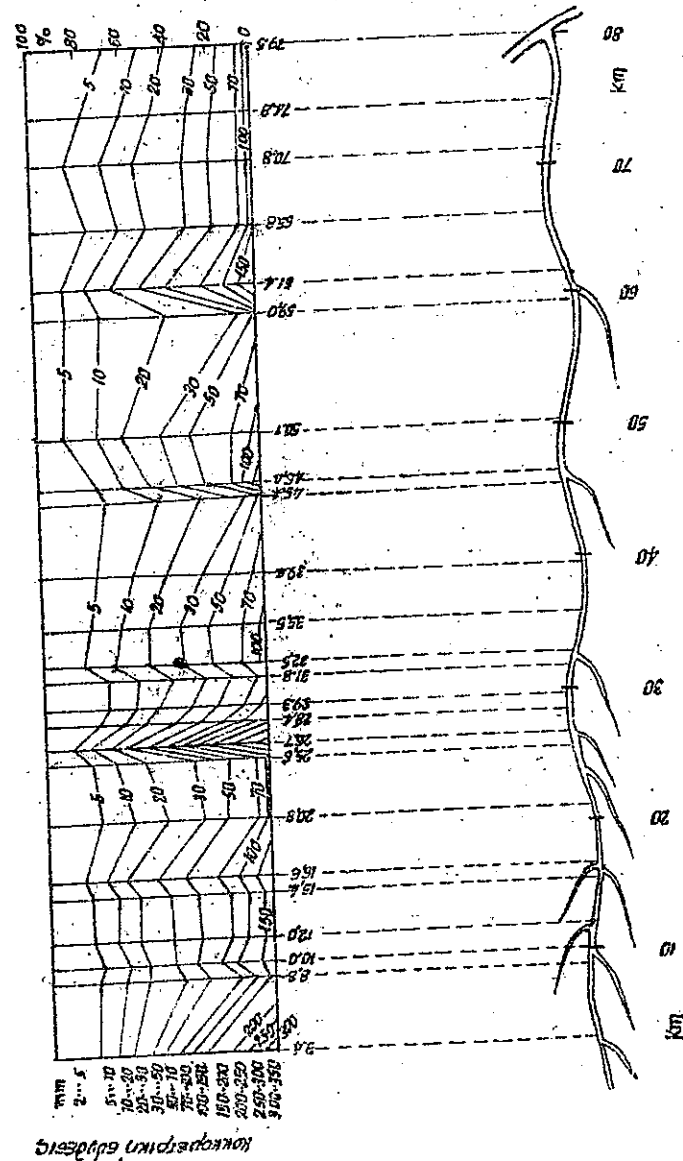
$$\text{ὁπότε} \quad P = P_0 e^{-cs}$$

Ὁ συντελεστὴς $c \left[\frac{1}{m} \right]$ διδεται τότε συναρτήσῃ τῶν περρογραφικῶν συνθηκῶν ὡς ἑξῆς:

Διὰ ἀββεστόλιθον:	10×10^6	Διὰ γνεῦσον καὶ γραφίτην:	$3.5 \div 5.0 \times 10^6$
« δολομίτην :	8.3×10^6	δι' ἀμφοβόλιτην :	$2.0 \div 3.5 \times 10^6$
« χαλασίαν :	3.3×10^6		

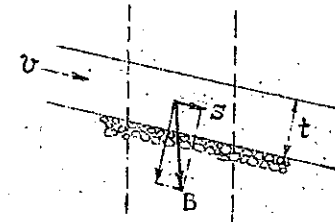
Κοκκομετρικαὶ ἐξ άλλου ἀναλύσεις τῶν ποταμῶν δεικνύουσιν τὴν μεταβολὴν τῆς κοκκομετρικῆς συνθέσεως τῶν φερτῶν ὕλων κατὰ μήκος τῆς καίτης ὡς καὶ τὴν ἐπιρροὴν τῶν παραποτάμων ὡς ἐμφαίνεται εἰς τὸ ἀκόλουθον σχῆμα (169).

ὡς μέτρον τῆς ὁριακῆς κινήσεως τῶν φερ-
τῶν ὑλῶν λαμβάνεται ἡ εὐρτική δύναμις τοῦ
ρεύματος, ἡτοι ἡ εἰς τὸν πυθμένα τοῦ ρεύματος ἐφαπτομενικὴ
συνιστώσα τῆς κινήσεως τοῦ ὕδατος δυνάμεως, τῆς βαρύτητος.
Ἡ εὐρτική δύναμις ἰσοῦται μέ (βλ. μαθ. ὑδραυλικῆς).



Σχ. 169.

Κινητική δύναμις



Σχ. 169α. Συρτική δύναμις.

$$S = \gamma \cdot J \cdot R \quad [\text{kg/m}^2]$$

ἐνθα γ , εἶδ. βάρος ὑγροῦ, J ἡ κλίσις,
 R ἡ ὑδραυλικὴ ἀκτίς τοῦ ρεύματος
(βλ. σχ. 169α). Διὰ μεγάλα πλάτη ἐνθα ἡ
ὑδραυλικὴ ἀκτίς ἰσοῦται μέ τὸ βάθος t ,
ὁ τύπος γίνεται :

$$S = \gamma \cdot J \cdot t$$

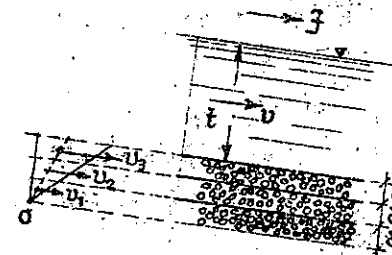
διὰ χεῖμαρρον λ.χ. $i = 0,1$ καὶ $t = 2,0 \mu$. $S = 200 \text{ Kg/m}^2$

δι' ὀρεινὸν ποταμὸν $i = 0,005$ " $t = 3,0 \mu$. $S = 15$ "

διὰ τὰς ἐκβολὰς τοῦ Ρήνου $S = 3,5$ "

Μία ἐκ τῶν πρώτων θεωριῶν περὶ κινήσεως τῶν φερτῶν ὑλῶν,
μολονότι βασιζομένη εἰς διαφορετικὴν ἀπὸ τὴν σημερινὴν ἀντίληψιν
περὶ τῆς κινήσεως ταύτης κατέληξεν εἰς τύπον νεωστὶ ἐπαληθευθέν-
τα πειραματικῶς.

Οὕτω ὁ Du Boys ἐκκινῶν ἐκ τῆς ἐκέψεως ὅτι αἱ φερταὶ ὑ-
λαι κινῶνται κατὰ στρώσεις ἴσου πάχους, ὁ, δέχεται ὅτι τὸ πάχος
τῆς πρώτης στρώσεως ὁ δίδεται ὑπὸ τῆς ἐξισώσεως:



Σχ. 169 β.

$$(\gamma_1 - \gamma) \delta \cdot \epsilon \phi \omega \geq \gamma t J \quad \text{ἐνθα } \gamma t J = S$$

ἐνθα ω ἡ γωνία τριβῆς τῆς πρώ-
της ἐπὶ τῆς δευτέρας στρώσεως (γ_1 ,
εἶδ. βάρος φερτῶν ὑλῶν). Ἐάν ἡ εὐρ-
τική δύναμις εἶναι μεγαλυτέρα τῆς
τιμῆς ταύτης τότε τὸ πλεόνασμα
αὐτῆς θὰ μετακινήσῃ τὴν δευτέ-
ραν στρώσιν καὶ θὰ ἰσοῦται μέ $\gamma t J - (\gamma_1 - \gamma) \delta \epsilon \phi \omega$. δι' ἣν χρειάζε-
ται δύναμις πάλιν $(\gamma_1 - \gamma) \delta \cdot \epsilon \phi \omega$.

Ἐάν κινήθῃ καὶ αὕτη καὶ μείνῃ πλεόνασμα εὐρτικῆς δυνάμεως,
τοῦτο θὰ ἰσοῦται μέ $\gamma t J - 2 \delta (\gamma_1 - \gamma) \epsilon \phi \omega$ καὶ τελικῶς, διὰ ν στρώ-

σεις, δ' απαιτηθῇ ευστική δύναμις.

$$(1) \quad S = \gamma t f = v \cdot \delta \cdot (\gamma_1 - \gamma) \epsilon \phi \omega \quad \text{ἐξ οὗ} \quad (2) \quad v \delta = \epsilon = \frac{\gamma t f}{(\gamma_1 - \gamma) \epsilon \phi \omega}$$

τὸ πάχος τῆς ὅλης κινουμένης μάζης διὰ ευστικήν δύναμιν: $\gamma t f$.

Δεχόμενος εἶτα ὁ Du Boys ὅτι ἡ κατωτάτη στρώσις ἀκινήτῃ, ἡ πρώτη ἔχει ταχύτητα u_1 , ἡ δευτέρα u_2 , ... κ.ο.κ. (βλ. σχῆμα 169α), καταλήγει εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι τὸ φορτίον φερτῶν ὑλῶν ἀνά τρ. μ. πλάτους ἀγωγοῦ δά εἶναι:

$$(3) \quad Q = \delta u + \delta \cdot 2u + \dots \dots \dots (v-1) \delta \cdot v = \delta v \frac{v(v+1)}{2}$$

καὶ ἀντικαθιστῶν τὸ v ἐκ τῆς (2), εὐρίσκει.

$$(4) \quad Q = \frac{v}{2} \frac{\gamma t f}{(\gamma_1 - \gamma) \epsilon \phi \omega} \left(\frac{\gamma t f}{\delta (\gamma_1 - \gamma) \epsilon \phi \omega} + 1 \right)$$

Εἶτα θέτων $S_0 = \gamma t_0 f$ τὴν ευστικήν δύναμιν τὴν απαιτούμενην διὰ τὴν μετακίνησιν τῆς 1^{ης} στρώσεως, λαμβάνει:

$$S = v S_0 = \gamma t f$$

καὶ δεχόμενος σταθεράς τιμὰς διὰ δ καὶ v φθάνει εἰς τὸν τύπον

$$(5) \quad G = \psi t f \left(t - f - \frac{S_0}{\gamma} \right) = \psi \cdot S (S - S_0)$$

ἐνθα ψ σταθερά διὰ κάθε εἰδικῇ περιπτώσειν. Ὁ Chiang δίδει ἐπὶ τῇ βάσει πολλῶν παρατηρήσεων τὸν τύπον:

$$(6) \quad G = \frac{k n}{S^2} S (S - S_0)$$

ἐνθα k σταθερά καὶ n ὁ συντελεστής τραχύτητος εἰς τὸν τύπον τοῦ Manning.

Τὰ ὅρια διὰ τὴν κίνησιν ὑλικῶν ἐντός τοῦ ὕδατος προστριβομένων, ἐπὶ πυθμένος ἐξ ὁμοίων ὑλικῶν δίδονται ὑπὸ διαφόρων πειραμάτων, ὡς ἀκολουθῶς.

- | | | |
|----------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| 1) Χαλαζιακή ἄμμος | ϕ 0,2-0,4 χιλ. | $S_0 = 0,18 - 0,20 \text{ Kg/cm}^2$ |
| 2) " " | ϕ 0,4-1,0 " | 0,25-0,30 " |
| 3) " " | ϕ 2,0 " | 0,40 " |
| 4) " Χάλικες | ϕ 5-15 " | 1,25 " |
| 5) Χουμῶδες ἔδαφος | | 1,0 - 1,20 " |
| 6) Χάλικες, εὐτροχυλευμένη | 40-50 χιλ. | 4,8 " |
| 7) Ἀβεστολιθικοὶ χάλικες | | |

πεπλατυσμένοι: $10 \div 20 \times 40 = 60$ 5,6 "

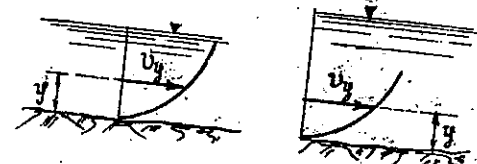
Ὁ Schocklitsch, ἐκκινῶ ἐκ τῆς ἐκέφσεως, ὅτι αἱ φερταὶ ὑλῆαι δὲν μετακινούνται λόγῳ τῆς ευστικῆς δυνάμεως ἀλλὰ συνεισφέρουσιν



Σχ. 169 γ.

εἰς τὴν ταχύτητα u ἐξετέλεσεν. Δὲ καὶ σχετικὰ πειράματα οὐκ ἦντον εἶναι πρακτικῶς ἀδύνατον νὰ μετρήσῃ τις τὴν ταχύτητα εἰς τὰ ὑπόθιν σημεία.

Μετά τὴν δημοσίευσιν τῶν ἐργασιῶν τοῦ Prandtl, Karman καὶ τῶν ἐξ αὐτῶν πειραμάτων τοῦ Nikuradse, παρατηρήθη (τὸ πρῶτον ὑπὸ τοῦ γραφόντος) ὅτι ἡ διακύβησις τῶν ταχυτήτων



Σχ. 169 δ. = u_y ἡ αὐτὴ διὰ τὴν αὐτὴν τραχύτητα καὶ $\sqrt{R \cdot f}$

ἀεκέτως βάθους καὶ λοιπῶν στοιχείων ροῆς εἶναι ὁμότιμος εἰς δύο οἰόμενῃποτε ἀγαχοῦς (ἀεκέτως βάθους) τῆς αὐτῆς τραχύτητος, ἐφ' ὅσον τὸ μέγεθος $\gamma \cdot R \cdot f$ (ἥτοι ἡ ευστική δύναμις) εἶναι σταθερά.

Τοιοῦτοτρόπως ἡ ἀπόφαις τοῦ Schocklitsch ἀποδεικνύεται ὀρθή, ταυτιζομένη μὲ τὴν τοῦ Du Boys.

Ἡ ἀπαιτούμενη δύναμις ὅμως διὰ ζοηράν κίνησιν καὶ μεταφοράν τῶν ὑλικῶν τούτων εἶναι μεγαλύτερα.

Οὕτω ὁ Schocklitsch ἐκκινῶν ἐκ τῆς ἐκέφσεως ὅτι ἡ δημιουργία

χουμένη ισχύς προς κίνησιν των φερτών υλών, ισούται προς τὴν κινουμένην δύναμιν ἐπὶ τὴν ταχύτητα δέχεται τὴν ἰσχύον ταύτην ἴσην μέ :

$$L = C_1 u \cdot \gamma \cdot F (F - F_0) = C_1 \cdot \gamma \cdot F (Q - Q_0) \quad (1)$$

ἐνθα $C_1 u$ ἡ ταχύτης τοῦ πυθμένου, ἀνάλογος, πρὸς τὴν μέσην ταχύτητα u τοῦ ρεύματος.

F_0 ἡ διατομή τοῦ ποταμοῦ ὅταν αἱ φερταὶ ὑλαὶ ἀκίνητοι εἴναι.

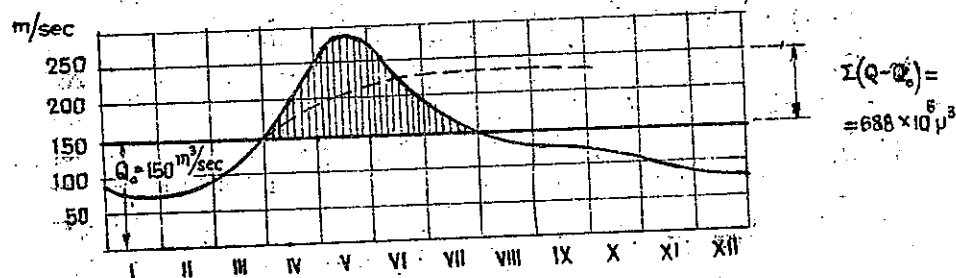
F ἡ διατομή τοῦ ποταμοῦ ὅταν αἱ φερταὶ ὑλαὶ κινουῦνται καὶ ζυγεῖται ἡ παροχὴ αὐτῶν.

Ἡδὴ ἡ στερεὰ παροχὴ δὲ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἰσχύον ταύτην ἥτοι :

$$G = C \cdot \gamma \cdot F (Q - Q_0) \quad (2)$$

καὶ ἂν δεχθῶμεν ὅτι ἡ κλίσις παραμένει σταθερά (ἡ μεγαλύτερα πηγὴ εἰς τὸν ποταμὸν) τότε ἡ στερεὰ παροχὴ δὲ εἶναι $G = C (Q - Q_0)$ τὸ δὲ φορτίον τῶν φερτῶν υλῶν δὲ δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου :

$$G = \Sigma G = C \Sigma (Q - Q_0) \quad (3)$$



Σχ. 170. Στερεὰ παροχὴ εἰς τὸν ποταμὸν Mur εἰς Frohnleiten.

Εἰς τὸ σχ. 170 δίδεται τὸ υδρογράφημα τοῦ ποταμοῦ Mur, εἰς τὸν ὁποῖον μέχρι παροχῆς 150 m³/sec δὲν παρατηρεῖται μεταφορὰ φερτῶν υλῶν. Ἀνωτῆς παροχῆς ταύτης τὸ φορτίον εἶναι ἀνάλο-

γόν τῶν παροχῶν (διαγραμματισμένη ἐπιφάνεια) καὶ δὴ τοῦ ὁλοκληρώματος τῆς ἐπιφανείας ($\Sigma (Q - Q_0) = 688 \times 10^6 \mu^3$). Λοθέντος ὅτι τὸ στερεὸν φορτίον ἐξετιμήθη εἰς 130.000 κ.μ. ὑπολογίζεται ὁ συν/τής C τῆς ἐξίσωσως (3) καὶ εἶναι :

$$C = \frac{G}{\Sigma (Q - Q_0)} = \frac{130.000}{688.000.000} = 0,00019$$

Οἱ Meyer Peter καὶ Müller κατόπιν σειρᾶς πειραμάτων δίδουν διὰ τὴν στερεὰν παροχὴν τοὺς τύπους :

α. Διὰ φορτίον μέ ὁμοιόμορφον διαμέτρον κόκκων d , εἰδ. βάρους 2,68.

$$(4) \quad \frac{q_s^{2/3} \cdot F}{d} = 17 + 0,4 \frac{q_s^{2/3}}{d}$$

ὅπου q_s ἡ παροχὴ ὕδατος (kg/m.sec) ἡ μεταφέρουσα τὴν στερεὰν παροχὴν g_s (kg/cm.sec) ἀμφότεραι ἀνὰ τρέχον μέτρον πλάτους τῆς ποταμῆς, d ἡ διάμετρος τῶν κόκκων εἰς μέτρα.

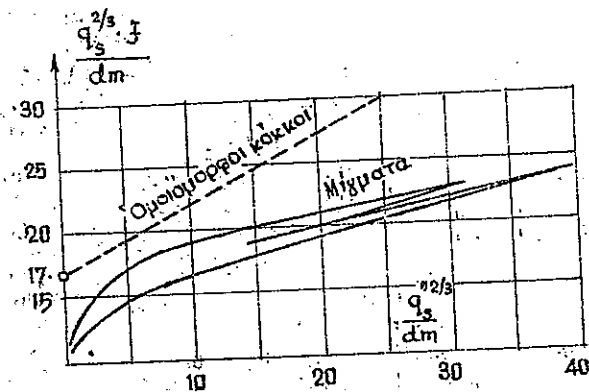
β. Διὰ φορτίον μέ ὁμοιόμορφον διαμέτρον ἀλλὰ διαφόρου εἰδ. βάρους :

$$\frac{q_s^{2/3} \cdot F}{d} = 9,57 \gamma_s^{10/9} + 0,462 \gamma_s^{1/3} \frac{g_s^{2/3}}{d}$$

ὅπου $\gamma_s'' = \gamma_s - 1$ ἡτοι βάρος τῶν κόκκων εἰδ. βάρους γ_s βυθισμένων ἐν τῷ ὕδατι.

γ. Διὰ φορτίον μέ ἀνομοιόμορφους κόκκους καὶ σταθερὰ $\gamma = 2,68$ δίδει τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 171.

Ἡ δὲ τῶν τύπων ὁμῶς ἐκτίμησις τοῦ στερεοῦ φορτίου ὡς ἐμφαίνεται ἐκ τῶν ἀνωτέρω, εἶναι ἀρκούντως δυσχερής. Συνήθως εὐκολώτερον μετράται τὸ σύνολον τῶν φερτῶν υλῶν (συρομένων καὶ αἰωρουμένων) εἰς τὰς ἐκβολὰς ποταμῶν ἐντὸς λιμνῶν (γραμμὰ ἐναποθηκείσεως).



Ο Schocklitsch δι-
δει το υλικόν επίγειον
φορτίον δια 29 ποτα-
μούς με παρατηρήσεις
διαφόρων ἐπών. Εκλέχον-
τες μόνον τὰ ἐκ πο-
λυτῶν παρατηρήσεων
στοιχεία λαμβάνομεν τὸν
ἀκόλουθον πίνακα:

Σχ. 171. Φορτίον ὑλῶν μικτῶν διαμέτρων
(Meyer Peter καὶ Müller)

	Ἔτη παρατηρήσεων	Λεκάνη ἀπορροῆς km ²	Ἐτήσια ὑγρὰ ὑπόρροη $\frac{Q}{F}$ m ³ /km ²	Στερεὰ ἀπορροή $\frac{G}{F}$ m ³ /km ²	$\frac{m^3}{1000000}$
Vogelbach	18	10,0	959.000	1545	0,001545 = 1,5 χιλ. διάβρωση
Zinkenbach	18	56,8	1.139.000	130	
Bregenzer Ache	24	850	1.124.000	156	
Δέλτα Bodensee	24	850	1.124.000	156	
Kanden (Δέλτα Thunersee)	152	1073	1.140.000	362	0,000,362 m ³ /διάβρ.
Area (Δέλτα Bielersee)	21	2648	812.000	162	
Ρήνος (Δέλτα Bodensee)	20	6351	965.000	78	
Verdon (" εἰς Φρ.)	21	1800	315.000	25	
Soane (" Peroll'sea)	14	1261	—	56	Κοίτη 3 x 71 χιλ./διάβρωση
	16	"	—	63	
Lamone	32	537	640.000	3471	

(x) Δε γίνεται
διάκρισις
[G = G₀]

Ἐκ τοῦ πίνακος ἐμφαίνεται τὸ ὑπὸ τοῦ F. Stiny παρατηρηθὲν ὅ-
τι αἱ ἐναποτιθέμεναι ὑλαὶ (ἀνὰ km² λεκάνης) εἶναι περισσότεραι ὅσο
μικροτέρα εἶναι ἡ ἔκτασις τῆς λεκάνης.

Ἐπὶ πλεον ὅμως σημαντικὸν ρόλον παίζουν ἡ γεωλογικὴ εὐστα-
εὶς τῶν πετρωμάτων ἡ κλίσις τῶν πρηνῶν καὶ κοιτῶν τῶν ρευμάτων
ἡ κάλυψις τῶν λεκανῶν ὡς καὶ αἱ μετεωρολογικαὶ συνθήκαι.

Κατὰ τὸν J.C. Stevens, ἡ περιεκτικότητα τῶν φερτῶν ὑλῶν
(Silt) τοῖς % εἰς διαφόρους ποταμούς.

River	Da mules	%
Colorado	242.000	1,0
Salt	5.760	0,2
Mississippi (κάτω Missouri)	700.000	0,2
Illinois	13.000	0,004
Missouri	500.000	0,4
Upper Rio Grande	30.000	1,4
Lower " "	180.000	0,4
Yangtze		0,04
Aiyangho		4,0

Αἱ τιμαὶ αὗται εἶναι μέσαι τιμαί. Τὰ μέγιστα — κατὰ τὰς
πλημμύρας — εἶναι 10 πλάσια καὶ περισσότερα.

Κατὰ τὸν J.C. Stevens αἱ εὐρόμεναι ὑλαὶ εἶναι 10-20% τῶν
φερτῶν ὑλῶν δύνανται δὲ ἐνίοτε νὰ φθάσουν 50%.

β. Αἰωρούμεναι ὑλαὶ.

Ἡ παροχὴ τῶν αἰωρουμένων ὑλῶν ἀποτελεῖ ὁμοίως
θέμα πρὸς ἐρευνᾶν. Λόγω τῆς εὐχερῆς μετρήσεως (δειγματοληψία
ὕδατος ὄγκου) ἡ ἐρευνά αὕτη ἔχει περισσότερον ἐπεκταθῆ, ἰδίως εἰς

παλαιότερας παρατηρήσεις.

Η εξίσωσις καί ἐδῶ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν τοῦ Schoklitsch

$$Q = \psi h (h - h_0)^{3/2}$$

δοθέντος ὅτι ὁ τύπος τοῦ Chery εἶναι $V = c\sqrt{h}$ καὶ ἐπειδὴ $h_0 = 0$ ἡ αἰωρουμένη ετερεὰ παροχὴ εἶναι:

$$S = \psi h^2 J^2 = \varphi V^4$$

καὶ ἡ περιεκτικότης τῶν αἰωρουμένων ὑλῶν εἰς τὸ ὕδωρ δα εἶναι:

$$\frac{S}{Q} = p = \frac{\varphi V^4}{V \cdot h} = \varphi V^3 \cdot h^{-1}$$

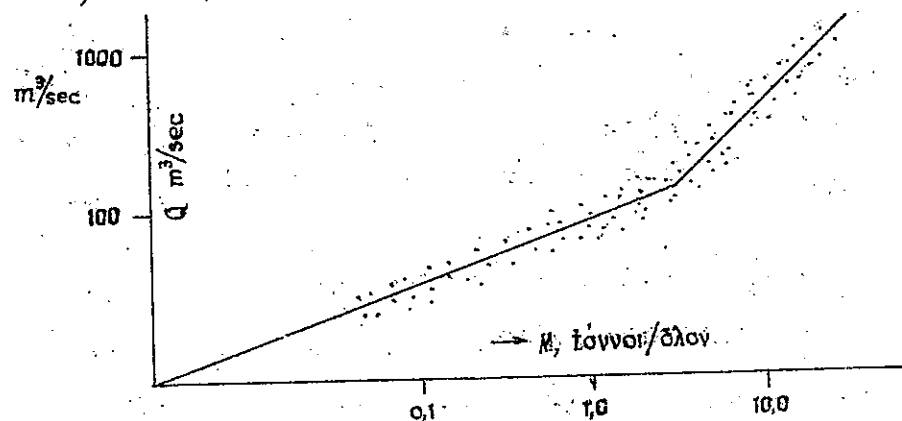
Ἄν ἐκτός τοῦ τύπου τοῦ Chery - ὡς ἄνω - χρησιμοποιήσωμεν τὸν τύπον τοῦ Hermancek $I = U^2 : 1156 h^{3/2}$ $[U = c\sqrt{h}^{0,75}]$

ἔχομεν
$$S = \alpha \frac{V^5}{Q} = (\text{ὡς ἄνω}) = \varphi V^4$$

Ο G. Gilboy (Proc. A.S.C.E., 1928 Febr) εὔρε ἐκ παραβάτων:

$$S \text{ m}^3/\text{sec} = 47 \cdot 10^{-8} V^5$$

Οἱ Campbell + Bauder, προσεδιόρισαν τὸ φορτίον αἰωρουμένων ὑλῶν εἰς τὸν Ἐρυθρὸν ποταμὸν τοῦ Texas (Red River, Denison Texas) διὰ τοῦ τύπου:



Σχ. 172.

$$M = K \cdot Q^n$$

ἦτοι: $M = 1,18 \cdot 10^{-5} \cdot Q^{2,04}$

ἔνθα: M εἰς τόννοους/ἡμέραν

Q εἰς $\text{m}^3/\text{ἡμέραν}$

Ἐξ ὑδρολογικῶν παρατηρήσεων εἰς ποταμοὺς τοῦ Turkestan ἔχομεν τὸν ἀκόλουθον πίνακα (ὅστις ἐξηγεῖ καὶ τὰ διδόμενα εἰς τὸν πίνακα τοῦ Stercus) (Davis).

TURKESTAN:

	Amu-Darja bei Kerki			Syr-Darja b. Faporoje		
	Μέση ὕψος ἀπορροσῆς m^3/sec	Φορτίον αἰωρουμ. ὑλικού εἰς 1000 $\text{m}^3/24 \text{ ὥρον}$	% ἀναλογ. αἰωρουμένου ὑλῶν	Ὑψὸς εἰς 1000 m^3/sec	Στερεὰ εἰς 1000 $\text{m}^3/24$	% αἰωρουμ. ὑλῶν.
1911						
Ο	1167,0	126,9	0,126	439,0	32,6	0,086
N	906,0	118,1	0,151	358,5	57,05	0,184
Δ	825,0	103,3	0,145	343,0	31,7	0,107
1912						
I	770,5	93,2	0,140	320,5	13,3	0,048
Φ	820,0	126,0	0,178	355,5	22,1	0,072
M	1069,0	381,5	0,413	407,0	36,9	0,105
A	2245,0	1327,0	0,658	825,0	260,0	0,365
M	2787,0	1658,0	0,688	789,0	130,8	0,192
I	4170,0	1929,0	0,536	917,0	162,5	0,205
I	5100,0	2906,0	0,660	763,0	113,2	0,172
A	2730,0	1054,0	0,447	487,0	104,3	0,248
Σ	1603,0	322,0	0,220	369,3	41,2	0,129
Μέση ἐτήσια	2010,0	862,0	0,496	531,5	83,2	
Ὀλικὴ ἐτήσια 63 km^3		314,5 x 10^6 m^3	1·IV - 1·X	16,8 km^3	31,1 x 10^6 m^3	1·IV - 1·X

Τὰ ὑγρά καὶ στερεὰ αἰωρούμενων ὑλῶν φορτία εἰς τὸν ποταμὸν Don δίδεται ὑπὸ τοῦ κατωτέρω πίνακος.

Μηνιαῖα φορτία εἰς μ^3

	Ὑγρά $\mu^3 \times 10^6$	% τοῦ ἐτησίου	Στερεὰ αἰωρού- μένα 1000 μ^3	% ἐτησίας
1926 VI	1731	6,5	86,9	2,72
VII	1834	3,11	69,0	2,13
VIII	558	2,07	19,14	0,64
IX	513	1,89	13,64	0,42
X	598	2,21	11,19	0,31
XI	139	2,95	6,30	0,20
XII	629	2,33	3,98	0,13
1927 I	561	2,08	5,50	0,17
Φ	431	1,61	2,69	0,08
Μ.	666	2,47	8,83	0,28
Α	7708	29,34	1806,29	56,7
Μ.	11556	43,44	1144,30	36,22
Σύνολον	26524	100,00	3174,76	100%

Ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ πίνακος τῶν ποταμῶν τοῦ Turkestan τὸ ἐτήσιον φορτίον αἰωρούμενων ὑλῶν διὰ τὸ ἔτος 1912 δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου εἰς ($\mu^3 \times 10^6$) $P = 0,0092 Q + 0,000709 Q^2$ ἐνθα Q $\mu^3/\lambda\sigma\upsilon$ μέση ἐτησία παροχή.

Ἄνευ ἐλέγχου τοῦτο οὐκ ἔστι δυνατόν νά ἐφαρμοσθῇ εἰς ἄλλον ποταμόν. Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν αὐτῶν παρατηρήσεων, ἡ ἑκατοστιαία ἀναλογία αἰωρούμενων ὑλῶν (p) εἰς παροχὴν Q $\mu^3/\lambda\sigma\upsilon$ (μέση ἐτησία) δίδεται ὁ τύπος:

$$p = 0,029 + 0,000232 Q$$

Κατὰ τὸν Babb (Science, xxi, 1893 σσ 343) αἱ ὑπὸ τοῦ ποταμοῦ αἰωρούμεναι φέρται ὑλῆι δύνανται νά ἔχουσι τὰς ἀκολουθοῦσας τιμὰς:

[H. Ries καὶ Thio. Wattson 1931 J. Wiley]

	sqmils 11043	Μέση ὕψος ἀ- πορροῶν c.f.s.	Ὑλικὸν στε- ρεὸν φορ- τίον tons	Ἀναλογία κα- τὰ βάρος πρὸς ρῆμα πρὸς ὑ- γρὴν ἀπορροήν	Μέση πλάτος διαβρώσεως λεκανῆς ἀ- πορροῆς inches
Potomac	11.043	20.160	5.557.250	1:3575	0,00433
Mississippi	1244.000	610.000	406.250.000	1:1500	0,00223
Rio Grande	30.000	1.700	3.830.000	1:291	0,00116
Mt. Quana	150.000	1.500.000	14.782.000	1:10000	0,00085
Ρήνος	34.800	65.850	36.000.000	1:1755	0,01075
Πάδος	27.100	62.200	67.000.000	1:900	0,01139
Δουνάβις	320.300	315.200	108.000.000	1:2880	0,00354
Νεῖλος	1.100.000	113.000	54.000.000	1:2050	0,00642
Irrawaddy	125.000	475.000	291.430.000	1:1610	0,02005
Μέση (Μέσος)	334.693	201.468	109.649.971	1:2731	0,00614

Πράφανως ποταμοὶ ἀρχίζοντες ἀπὸ λίμνας ἔχουν πολὺ ὀλιγωτέρας φέρτας ὑλῆς, λόγῳ τῆς προσηγηθείσης καδιζήσεως.

γ) Φέρται ὑλῆι ἐν διαλύσει.

Πλὴν τῶν ευρούμενων καὶ αἰωρούμενων ὑλῶν τὸ ὕδωρ τῶν ποταμῶν μεταφέρει καὶ ὑλικά ἐν διαλύσει, ἅτινα παραλαμβάνει ἐκ τῶν πετρωμάτων ἐπὶ τῶν ὁποίων ἡ διὰ μέσου τῶν ὁποίων ρεεῖ ὥς ὅτου εἰσελθεῖ εἰς τὰς κυρίας κοίτας ἀπορροῆς.

Καὶ ἀπὸ τῆς πλευρᾶς αὐτῆς οἱ διάφοροι ποταμοὶ παρουσιάζ-

ζουν μεγάλην ποικιλίαν διαλελυμένων ετερεών, ήτις μεταβάλλεται και εις τον αυτόν ποταμόν αναλόγως της απορροής αυτού. Ούτω ή εκληρότης εις πλείους ποταμούς φθάνει το μέγιστον αυτής κατά τας Ήρας περιόδους, κατερχομένη εις το ελάχιστον κατά την περίοδον των πλημμυρών.

Εις τον ακόλουθον πίνακα δίδονται αι αναλύσεις ύδατων ποταμών τινων και ή εκπεφρασμένη ούχι εις οξειδία ή άλατα παρόντα, άλλ εις ιόντα και ή εις την εκατοστιαίαν αναλογίαν εις ήν ταύτα εύρίσκονται εις το όλικόν Ήρον ανόργανον υπόλειμμα.

ΠΙΝΑΞ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΙΝΩΝ ΕΙΣ Η.Π.Α.

	I	II	III	IV	V	VI
CO ₂	41.66	44.43	28.15	35.45	13.69	47.22
SO ₄	5.19	11.17	12.78	15.84	44.85	4.43
Cl.....	1.51	2.41	8.78	3.96	4.95	2.14
NO ₃	—	—	—	0.79	0.70	1.86
Ca.....	20.08	20.67	17.14	20.79	18.58	22.85
Mg.....	4.52	6.44	4.18	3.76	3.56	5.86
Na.....	3.2	4.87	6.16	6.53	6.11	3.86
K.....	0.72	—	Ιχνη	1.78	1.08	1.00
SiO ₂	23.12	10.01	18.14	10.90	6.35	10.71
Al ₂ O ₃	—	—	1.34	—	—	—
Fe ₂ O ₃	—	—	3.33	0.20	0.15	0.07
Χλωρίουαν κατρίαν %	0.160	0.148	—	0.108	0.130	0.140

Οι αριθμοί αναφέρονται εις τα απόλυτα ρεύματα.

I και II ο ποταμός του Άλ. Λαυρεντίου, ανάντη και κατόντη του Montreal.

III ο ποταμός Merrimac, New Hampshire.

IV ο ποταμός Hudson, εις Hudson της Ν. Υόρκης.

V. ο ποταμός Roanoke, δεικνύων την παρουσίαν ύδατος ετραχίσσεως μεταλλείων (παρουσία δείου πύξημένη).

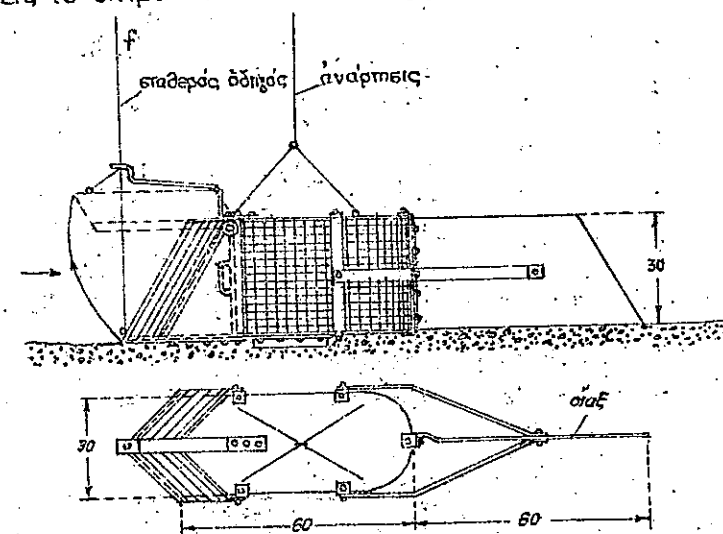
VI ο ποταμός Shenandoah, West Virginia, δεικνύων την άβεστολιδικήν περιοχήν εξ ής προέρχεται.

3. Η μέτρησις των φερτών ύλων.

Η ακριβής δειγματοληψία των φερτών ύλων είναι αρκετά δυσχερής, ιδίαι διά τας ευρομένας ύλας, όπου ή τοποθέτησις της ευσκευής προκαλεί ήδη διαταράξεις της ροής αυτών.

Εις τα εκήματα 173 (α, β, γ) δίδονται αι ευνήθεις ευσκευαι αι χρησιμοποιούμεναι διά τας δειγματοληψίας φερτών ύλων.

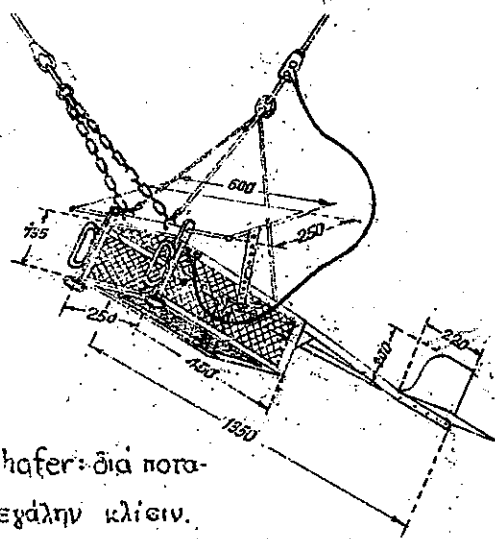
Εις τό εκήμα 173 δ δίδεται ευσκευή διά την λήψιν δείγμα-



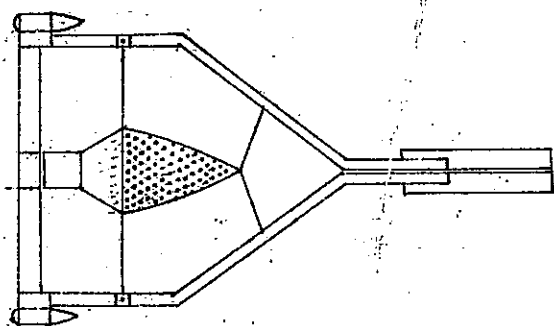
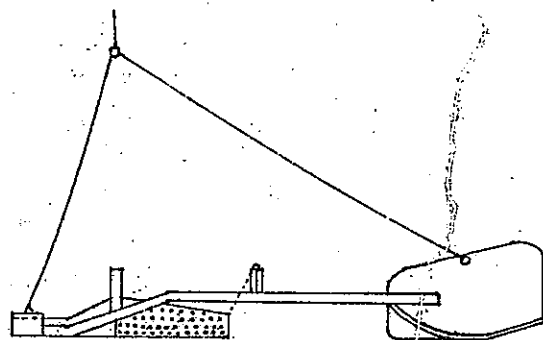
173 α. Κιβώτιον ευλογής φερτών ύλων κατά Born, διά πεδινούς ποταμούς.

τος αίωρουμένων ύλων εις διάφορα βάρη ενός ποταμού.

Διά το σύνολον των φερτών ύλων ή καλύτερα μέτρησις είναι πάντοτε ή ογκομετρική εκτίμησις των ευαποθέσεων δι' ακριβοῦς άποτυπώσεως αυτών, ως ανωτέρω εξέτεθη.

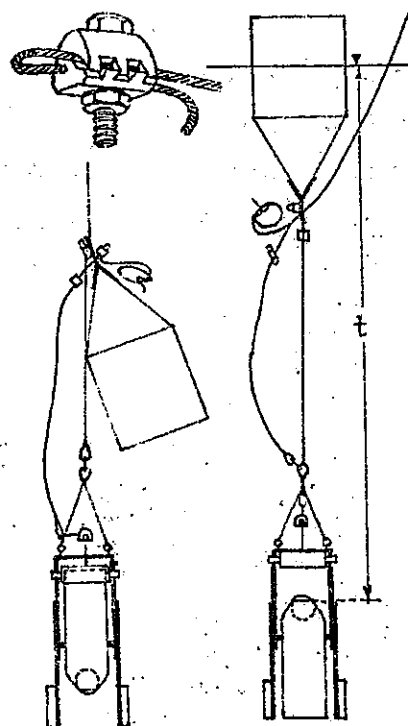


Σχ. 173 β. Mühlhafer: διά ποτα-
μούς με μεγάλην κλίσιν.



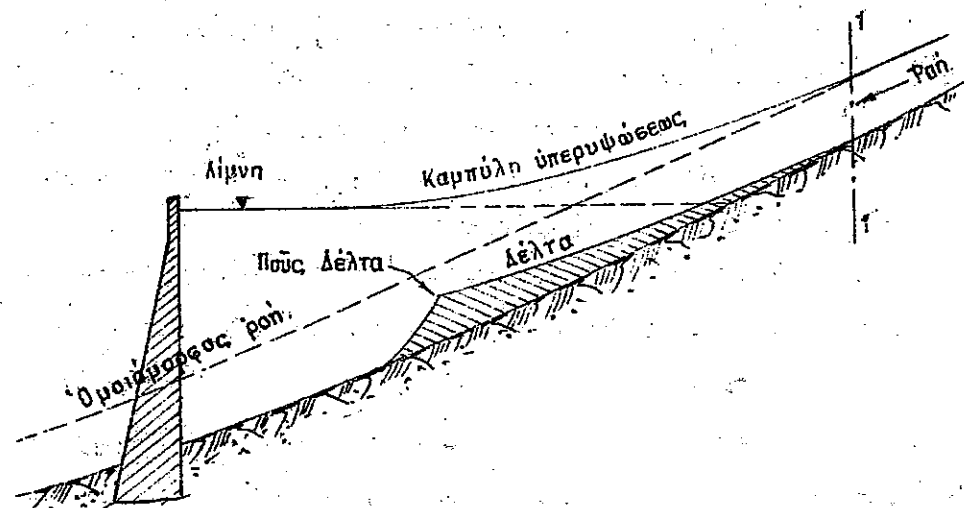
Σχ. 173 γ Συλλέκτης δειγμάτων φ. γλῶν τύπου διαφορᾶς
πίεσεως τῆς ὀλλανδικῆς ὑπηρεσίας.

Σχ. 173. Συσκευαί δειγματοληψίας φερτῶν ὑλῶν.



Σχ. 173 δ. Συσκευή δειγματοληψίας
αἰωρουμένων ὑλῶν (Höchstfetter).

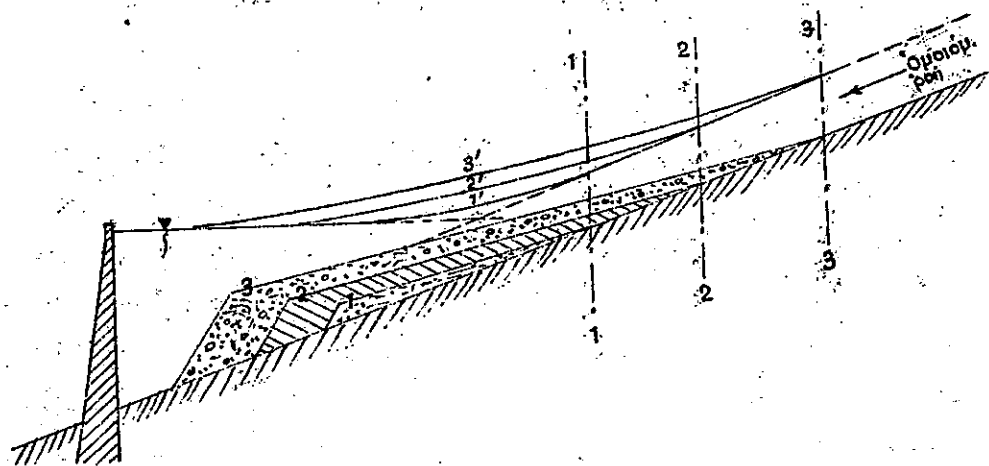
Οὕτω ἐγένοντο πλείεσται μελέται
κυρίως εἰς τὰς ἐναποθέσεις τὰς σχη-
ματιζούσας δέλτα ποταμῶν ἐξ
τῆν ἐκβολὴν αὐτῶν ἐντός τεχνη-
τῶν λιμνῶν ἐχηματιζομένων ὑπὸ
φραγμάτων (βλ. καὶ πῖνακα σελί-
δος 256). Ὁ σχηματισμός τοῦ
δέλτα ἀρκεταὶ ἀμέσως ἐκεῖ ἐν-
θα ἐπεκτείνεται ἡ καμπύλη ὑ-
περυψώσεως τοῦ ὕδατος ἢ ὁ-
φειλομένη εἰς τὴν παρεμβολὴν
τοῦ φράγματος, ἥτοι εἰς θέ-
σιν 1-1 (βλ. σχ. 174) ἐνθα ἡ τα-
χύτης καὶ ἡ εὐρτική δύναμις
τῶν ποταμῶν ἀρκεταὶ μειουμέ-
νη. Εἰς τὸ σημείον τοῦτο ἀκι-
νητοῦσιν κατ' ἀρχὴν τὰ πλέον
κονδρόκκοκα ὑλικά, ἀρκεταὶ δὲ
περαιτέρω ἡ καθίσσεις τῶν λοιπῶν ὑλικῶν τῆς διαμέτρου τῶν κόκκων



Σχ. 174. Σχηματισμός Δέλτα εἰς τεχνητὴν λίμνην
(Φ. ΓΓ).

αὐτῶν μειωμένης πρὸς τὰ κατάντη.

Ὁ σχηματισμὸς τῶν Δέλτα προκύπτει πρὸς τὰ κατάντη ἰδίᾳ κατὰ τὰς διαδοχικὰς υδρολογικὰς περιόδους. Οὕτω εἰς τὸ ἐκπλ. 174 α δίδονται διαδοχικαὶ θέσεις τοῦ Δέλτα ποταμοῦ εἰς χρονικὰ διαστήματα 1, 2, 3 κατὰ τὰ ὅποια ἐμφαίνονται αἱ ἀντίστοιχαι θέσεις τῆς ἀπαρκῆς τῆς καμπύλης ὑπερυψώσεως (1-1, 2-2, 3-3) ὡς καὶ αἱ ἀντίστοιχοι τροχιαὶ τῶν καμπύλων τούτων (1', 2', 3').



174 α. Διαδοχικὰ Δέλτα ποταμοῦ.

Αἱ αἰωρούμεναι ὑλὴν ἐναποτίθενται κατὰ διαφόρους τρόπους. Ἐνίοτε ἰδίᾳ ὅταν ἡ ποιότης τοῦ ὕδατος τοῦ ποταμοῦ εἴναι διάφορα τοῦ τῆς λίμνης, ἡ ἱζηματοποίησις λαμβάνει χώραν ἅμα τῇ εἰσόδῳ τοῦ ὕδατος εἰς τὴν λίμνην καὶ τότε τὸ μεγαλύτερον ποσοστὸν τῶν αἰωρουμένων ὑλῶν καθιζάνει ἐντὸς τοῦ Δέλτα.

Ὅταν ἡ ἱζηματοποίησις δὲν λαμβάνει χώραν τὰ λεπτόκκοκα αἰωρούμενα ὑλικά συναντῶνται ἐπὶ ὅλου τοῦ πυθμένος τῆς λίμνης μέχρι τοῦ ἔρχου τοῦ φράγματος. Εἶναι εὐνόητον ὅτι ἡ ὅλη κίνησις τῶν πάσης φύσεως φερτῶν ὑλῶν δὲν ἐξαρτᾶται μόνον ἐκ τοῦ μεγέθους αὐτῶν καὶ τῆς φύσεως τοῦ μετακινουμένου καὶ παραλαμβάνοντος ὕδατος, ἀλλὰ καὶ ἐκ τῆς τοπογραφικῆς διαμορφώσεως

τοῦ ἐδάφους (πρὸ τῆς κατασκευῆς τῆς λίμνης) ὡς ἐπίσης καὶ ἐκ τῆς ἐκκεντρικῆς ἐστάθμης τῆς λίμνης καὶ τῆς ἐκάστοτε παροχῆς τοῦ ρεύματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ V.

ΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΔΑΤΑ

Τὸ ἐντὸς τοῦ ἐδάφους ὕδωρ κυκλοφορεῖ εὐνήθως καὶ ἐπὶ νιότερον ἐτάσιμον, ἐμφανιζόμενον δὲ εἰς τὰς πλείστας τῶν περιπτώσεων καὶ μέχρι τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους εἰς τὸν ἀέρα ἢ ὑπὸ τὸ ὕδωρ (ὑπὸ τὴν ἐστάθμην ποταμῶν, λιμνῶν ἢ τῆς θαλάσσης), ἔχον ἐλευθέραν ἐστάθμην ἢ εὐρισκόμενον ὑπὸ πίεσιν (μεταξὺ δύο ἀδιαπεράτων στρωμάτων) ἀποτελεῖ μετὰ τὰ ἐπιφανειακά ὕδατα τὴν ἑτέραν πηγὴν ὕδατος διὰ τὴν χρησιμοποίησιν αὐτοῦ εἰς τὴν ὑδατικὴν οἰκονομίαν. Ἡ μορφή αὕτη τοῦ ὕδατος, εἰς ὁρισμένης περιφερείας τῆς γῆς ἀποτελεῖ λόγῳ κλιματικῶν, γεωλογικῶν καὶ τοπογραφικῶν συνθηκῶν τὸ σοβαρώτερον ἀπὸ ἀπόψεως ὁρθολογιστικῆς ἐκμεταλλεύσεως πόρον τῆς πρώτης ταύτης πολυτίμου ὕλης.

Οἱ τὴν δίαίτα γενικῶς τῶν ὑπογείων ὑδάτων διέποντες φυσικοὶ νόμοι εἶναι οἱ αὐτοὶ μετὰ τοὺς ἰσχύοντες διὰ τὴν δίαίταν τῶν ἐπιφανειακῶν ὑδάτων, πλὴν ἡ ἐφαρμογὴ τούτων προσκόπτει εἰς τὴν ἀγνοίαν - κατ' ἀρχὴν - τοῦ ἐπουδαιοτέρου δεδομένου τοῦ θέματος ἢ τοῦ περιβάλλοντος ἐντὸς τοῦ ὁποίου ταῦτα κινεῖται.

Τὸ περιβάλλον τοῦτο εὐρισκόμενον ἐνίοτε εἰς μεγάλα βάθη ὑπὸ τὴν γῆν καὶ παρουσιάζουν τὴν γνωστὴν φαντασιώδη ποικιλίαν δένειναι εὐκόλως ἐρευνήσιμον δι' ἀπλῶν παρατηρήσεων ἢ διὰ οἰκονομικῶς προσιτῶν μεθόδων. Τὴν δυσχερείαν ταύτην ὅμως ἔρχεται νὰ ἐλαττώσῃ ἡ γνῶσις τῆς ἐπιστήμης τῆς γεωλογίας καὶ πετρογραφίας.

έν ὅλῃ τῇ εὐρύτητι αὐτῆς καὶ ἡ συμπλήρωσις αὐτῆς διὰ συνετῶν μεθόδων ἐρευνῶν. τοῦ ὑπεδάφους.

Εἰς τὸ κεφάλαιον τοῦτο δίδονται γενικαί τινες ἀπόψεις ἐκ τῆς εὐρυτάτης πείρας συνοψίζουσαι ἐτοιχειώδεις κανόνες καὶ παρατηρήσεις ἐπὶ τῶν ὑπογείων ὑδάτων. Δέον ὅμως ὁ μηχανικός νὰ ἔχῃ ὑπὸ φῶν του ὅτι ἕκαστον πρόβλημα παρουσιάζει ἰδίαν περίπτωσιν καὶ δέον νὰ ἐρευνᾶται ἐξονυχιστικῶς ἐνῷ οὐκ εἰς τὴν στενὴν περιοχὴν του ἀλλ' εἰς εὐρεῖα περί αὐτὸ ἔκτασιν, πρὶν ἢ ἀποφασισθῇ ἡ κατασκευὴ καὶ ὀργάνωσις λειτουργίας ἔργων μεγαλυτέρας σημασίας βασιζομένων εἰς τὴν χρησιμοποίησιν τῶν ὑπογείων ὑδάτων. Ἡ συνεργασία πεπειραμένου εἰς τὰ θέματα γεωλόγου δὲν εἶναι ἐπὶ τοῦ προκειμένου μόνον πολὺτιμος ἀλλὰ καὶ ἀπαραίτητος.

Α. Κυκλοφορία τοῦ ὕδατος ἐντὸς τοῦ ὑπεδάφους.

1. Εἶδη ὑπογείων ὑδάτων.

Τὰ ὑπόγεια ὕδατα ἐν τῇ συνόλῳ τῶν διακρίνονται εἰς τοὺς ἀκολουθοῦσας κατηγορίας:

α. Μαγματικὸν ὕδωρ (magmatic) ὀφείλεται εἰς τὴν βαθμιαίαν ψύξιν καὶ στερεοποίησιν τοῦ μάγματος (μύγματος τετηγμένων μεταλλῶν, ἐξ ὧν ἐκρηματίζονται τὰ πετρώματα, καὶ ἄερίων ἐξ ὧν σημαντικώτερα οἱ ὑδατμοί). Μεταφέρει μέταλλα καὶ ἐκρηματίζει ἐναποθέσεις αὐτῶν εἰς τὰ σημεῖα ἐπαφῆς τοῦ μάγματος μέ ἄλλα πετρώματα.

Συναντῶνται συνήθως εἰς μεταλλεῖα καὶ εἶναι τὰ ὕδατα κυρίως προελεύσεως τῶν μεταλλικῶν πηγῶν.

β. Σύμφυτον ὕδωρ (connate). Τὸ ὕδωρ τοῦτο ἦτο ἀρχικῶς θαλάσσιον ὕδωρ πληροῦν τὰ κενὰ ἱζηματογενῶν πετρωμάτων ὅταν ταῦτα εὐρίσκοντο ὑπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης. Μετὰ τὴν ἀνύψωσιν αὐτῶν βρόχινον ὕδωρ ἐκτοπίζει αὐ-

το βραδέως καὶ τὸ ἀντικαθίσταται.

γ. Νεῦρον ὕδωρ (juvenile) προέρχεται κυρίως ἀπὸ πῖν συμπίεσιν πορωδῶν πετρωμάτων (ἢ ἄρχιλλος διὰ συμπίεσεως μεταβάλλει πορώδες ἀπὸ 50% εἰς νεωστὶ ἐκρηματισθέν στρώμα εἰς 3-4% εἰς συμπεπυκνωμένη τοιαύτη (shales - ἐκιστόλιθος).

δ. Μετεωρικὸν ὕδωρ (meteoric).

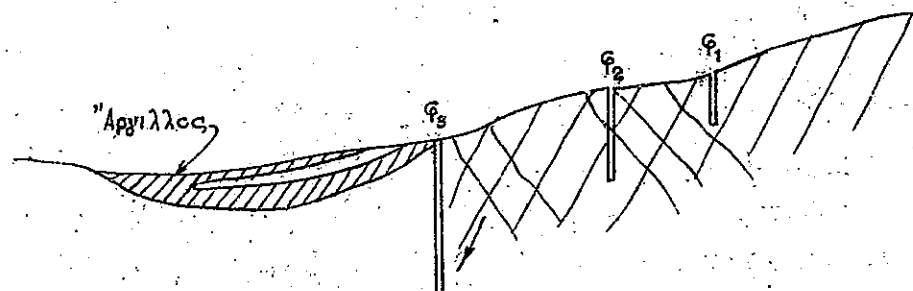
Τοῦτο προέρχεται ἀπὸ τὰ ἐντὸς τοῦ ἐδάφους διηδυμένα ἐπιφανειακά ὕδατα τῆς βροχῆς (βλ. διεισδυσις, κεφ. III § 167.) καὶ ἀποτελεῖ τὴν μεγίστην ἀναλόγιαν τῶν ὑπογείων ὑδάτων.

2. Οἱ ὑπὸ τοῦ ὕδατος καταλαμβάνομενοι χώροι.

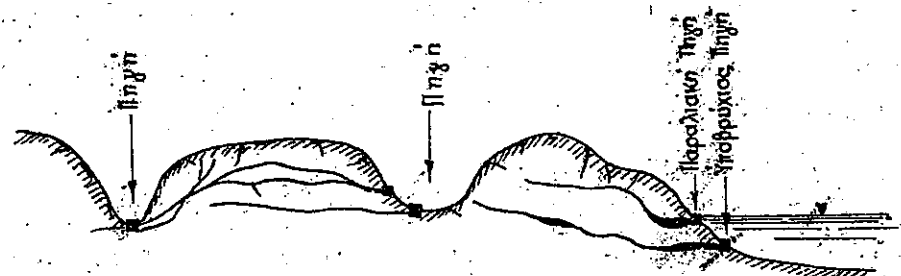
Τὸ ὕδωρ κυκλοφορεῖ (ἢ λιμνάζει ἐπάνωτερον) ἐντὸς τῶν κενῶν τῶν διηδυμένων εἰς τὸ ἔδαφος. Τὰ κενὰ ταῦτα διακρίνομεν ἀναλόγως τῆς προελεύσεως τοῦ ἐδάφους εἰς δύο γενικὰς κατηγορίας:

α. τὰς ρωχμας, αἵτινες δυνατόν νὰ προέρχωνται ἀπὸ τεκτονικά ἢ στρωσιγενῆ (εἰς τὰ ἱζηματογενῆ ἐδάφη) ἢ χημικά αἵτια (κοιλότητες ἐλαχίστων ἢ κολοσειαίων διαστάσεων - ἐπηλαιο- ἰδία εἰς ἀεβεστολίθους) (βλ. ἐκρήματα 175 καὶ 176). Συνοδευόμεναι αἱ ρωχμαὶ ὑπὸ μεταπτώσεων καλοῦνται ῥήγματα.

καὶ β. τοὺς πόρους, οἵτινες ἀντιπροσωπεύουν τὰ κενὰ τὰ διηδυμούμενα μετὰ τῶν κόκκων τῶν ψαθυρῶν ὑλικῶν τῶν ἱζηματογενῶν στρωμάτων (βλ. ἐκ. 176 α.) ἢ τῶν συγκεκολλημένων (συμπυκνῶν) ὑλικῶν τῶν κροκαλοπαγῶν καὶ φαιμικῶν πετρωμάτων, ἢ τέλος τῶν χημικῶν ἱζημάτων (ἀεβεστολιθικός τόφος, ὠολίθοι, τραβερτίνη).

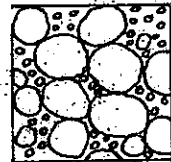
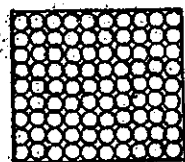


Σχ. 175. Ρωγμαί εις κρυσταλλοσχιετώδη πετρώματα. Φρέατα τέμνοντα ρωγμάς (ϕ_2, ϕ_3) δύνατον να εἶναι ὑδροφόρα — μὴ τέμνοντα ὁμοίως ρωγμάς εἶναι ξηρά.



Σχ. 176. Ρωγμαί εις καρστικά ἔδαφη.

Τό μέγεθος τῶν κενῶν τῆς πρώτης κατηγορίας εἶναι δυσκόλον νὰ ὑπαχθῇ εἰς ὠριμένους κανόνας, καθ' ὅσον ὡς προκύπτει ἐκ τῶν προκαλούντων αὐτὰ αἰτίων, εἶναι ἐκάστοτε διάφορον καὶ διὸ ἀπὸ θέσεως εἰς χειτονικὴν θέσιν τοῦ αὐτοῦ πετρώματος εἰς τινὰς δὲ κατηγορίας,



Σχ. 176 α. Πόροι εἰς ψαθυρά ἔδαφη. Πορώδες εἰς 1 μεγαλύτερον τοῦ 2.

ὡς ἡ χημικὴ διάλυσις πετρωμάτων ὑπὸ τοῦ ὕδατος, μεταβάλλεται συνεχῶς μετὰ τοῦ χρόνου. Μόνον κατὰ προσέγγισιν τιμαὶ δύνανται νὰ δοθῶσιν ἐνίοτε διὰ καθωρισμένα πετρώματα (βλ. κατωτέρω πινάκα).

Ἐκ τῶν ἡφαιστειογενεῶν πετρωμάτων σοβαροὶ ὑδροφόροι ὀρίζονται ἐνίοτε παρουσιάζονται εἰς βα-

ραλτικὰς λάβας ὅπου οἱ σχηματιζόμενοι πόροι εἶναι ἐνίοτε σημαντικοί, ἀλλὰ δυσκόλως νὰ ἐκτιμηθῶσιν ἄλλως ἢ διὰ τῆς συνεχοῦς παρατήσεως τοῦ ὑδατικοῦ ἰσοζυγίου.

Εὐκολώτερος κάπως εἶναι ὁ προσδιορισμὸς τῶν πόρων ἐντὸς τῶν χημικῶν ἢ βιογενεῶν ἱζημάτων τῶν ἱζηματογενεῶν (ἀβεστολιθικοὶ τόφοι, ὀλίθοι, μάρμαρα καὶ τῶν συμπαγῶν πετρωμάτων τῶν θραυσματογενεῶν ἱζημάτων, (ψαμμίται κροκαλοπαγῆ) ὅπου ἐφ' ὅσον ὑπάρχει σχετική ὁμοιομορφία τοῦ ὑλικοῦ, δύναται νὰ προσδιορισθῇ πειραματικῶς ἐπὶ δειγμάτων τὸ πορώδες, ὅπερ θὰ ἐξαρτᾶται ἐκάστοτε καὶ ἀπὸ τὴν πυκνότητα καὶ τὸ εἶδος τῆς παρεμβλλομένης ἢ ευκολούσης συνδετικῆς ὕλης.

Τέλος πολὺ εὐκολώτερος εἶναι ὁ προσδιορισμὸς τῶν κενῶν εἰς τὰ ψαθυρά θραυσματοπαγῆ ἱζηματογενῆ πετρώματα (χαλίκες, ἄμμοχαλίκες ἄμμος, πηλός, ἀργιλλος) ἐνθα προσδιορίζεται τὸ πορώδες διὰ μηχανικῆς ἀναλύσεως τοῦ ἔδαφους ἢ διὰ πειραμάτων ἐπὶ δειγμάτων λαμβανόμενων ἐποραδικῶς.

Ἡ ἀναλογία τῶν κενῶν τῶν ἔδαφών τούτων, τὸ πορώδες, ταυτίζεται τῶν ψαθυρῶν ὑλικῶν μετράται ὡς ποσοστὸν τῶν κενῶν ὡς πρὸς τὸν ὅλον ὑπὸ τοῦ ὑλικοῦ καταλαμβανόμενον ὄγκον καὶ ἐξαρτᾶται:

- 1) ἀπὸ τὴν συμπίκνωσιν τῶν ὑλικῶν
- 2) ἀπὸ τὸ μέγεθος τῶν κόκκων
- 3) τὴν διάταξιν τῶν κόκκων



$$\pi = 47,64\%$$



$$\pi = 25,95\%$$

- 4) τὸν βαθμὸν ὁμοιομορφείας, ὅστις εἶναι συνάρτησις τῆς κοκκομετρικῆς συνθέσεως τοῦ πετρώματος (προσδιοριζόμενος διὰ τῆς κοκκομετρικῆς ἀναλύσεως).
- 5) Τὸ σχῆμα τῶν κόκκων (ετρογχυλευμένοι, χυνοί, πλατεῖς κ.λπ.)

Εἰς περίπτωσιν συμπαγῶν ἱζηματογενῶν ἑδάφων παρεμβάλλεται καὶ τὸ θέμα τῆς ευκολήσεως (εὐστάσις ὑλικοῦ αὐτῆς καὶ ποσότης).

Εἰς τὸν ἀκόλουθον πίνακα δίδεται ἡ ἑκατοστιαία ἀναλογία τοῦ πορώδους εἰς διάφορα πετρώματα (κατὰ τὸν Fuller).

Εἶδος πετρωμάτων	Αριθμ. δειγμάτων	Πορώδες			Ερευνητής.	
		Ελάχισ.	Μεγιστ.	Μέσον		
Συμπαγῆ πετρώματα	Γρανίται, σχιστολίθοι, γνέφσιοι	14	0,02	0,56	0,16	Buckley
	" " "	22	0,37	1,85	1,20	Merrill
	Διαβάσεις καὶ γάβριος	3	0,84	1,18	1,01	"
Σπηλαιώδη πετρώματα	Δορυγολιθικά, μάρμαρα καὶ δολομίται.	11	0,53	13,36	4,85	Buckley
	Βολιθικοί δολομίθοι	8	3,28	12,44	7,18	Merrill
	Κρητὶς (Λουδίνου)	6	—	—	16,83	Chapman
	Κρητὶς (τουρνίσια καὶ γενόνια)	16	22,2	37,2	29,20	Dollé
Πορώδη διαπερατὰ πετρώματα	Ψάμμιται	16	14,81	28,28	15,89	Buckley
	" πετρελαιοφόροι	84	3,4	37,7	17,5	Melcher
	Ἄμμος (ὁμοιόμορφος)		26,0	47,0	35,0	King
	" (λεπτόκοκκος >1 χιλ.)		—	—	55,5	Renk
	" χαλίκος (φ >1 χιλ.)		—	—	37,9	"
	Ἀμμοχάλικο (πεδινὰ προσχώσεις)		—	—	48,0	Meinzer
Πορώδη ἀδιαπερατὰ πετρώματα	Πηλός (lacustre)		—	—	36,0	Meinzer
	Ἀργίλλος		—	—	45,0	King.
	"		—	—	53,0	Geikie
	Καλλ. ἑδάφος		—	—	55,0	Υπ. Γεωγ. Η.Π.Α

Κατὰ τὸν Fuller τὸ εἰς τὸ ὑπέδαφος κυκλοφοροῦν ὕδωρ ἐκτιμᾶται εἰς πάχος 28,80 μ. ὁμοιομόρφου στρώματος ὕδατος καλύπτοντος ὅλην τὴν ἐπιφάνειαν τῆς γῆς.

Ἐκ τοῦ πίνακος τούτου ἐμφαίνεται ὅτι τὰ πορώδη ἑδάφη δὲν εἶναι πάντοτε καὶ διαπερατὰ. ἑδάφη λίαν πορώδη (ὡς ἡ ἀργίλλος πηλός κ.τ.τ.) εἶναι δυνατόν νὰ εἶναι ἀδιαπερατὰ ὅταν τὸ μέγεθος τῶν πόρων αὐτῶν εἶναι ὥστε μικρόν ὥστε νὰ μὴν ἐπιτρέπουν τὴν δι' αὐτὸν ἐλευθέραν διόδον τοῦ ὕδατος.

Ἡ μέτρησις τοῦ πορώδους εἶναι γνωστὴ ἐκ τῆς φυσικῆς.

3. Τὰ ὑδροφόρα πετρώματα,

Διάφορα πετρώματα ἀναλόγως τοῦ πορώδους αὐτῶν (δι' ὃ ἐδόθησαν τὰ ἀνωτέρω ὀλίγα παραδείγματα) περιέχουσιν ἢ ὅχι ὕδωρ καὶ ἐνδεχομένως δύνανται νὰ ἀποδώσουν αὐτό. Κατωτέρω δίδεται πῖναξ τῶν κυριωτέρων εἰδῶν πετρωμάτων εἴτε εἰς Εὐρώπην εἴτε εἰς Ἀμερικὴν, ἅτινα δύνανται νὰ ἀποδώσουν εὐδαρὸν ποσὸν ὕδατος.

Ὁ πῖναξ οὗτος συνετάχθη ἐπὶ τῇ βάσει μακρῶν πινάκων τοῦ Imbeau.

Ἐκ τῶν ἐκρηξιγενῶν ἡ βασάλτικὴ λαβὰ εἶναι εὐκατακτὴς ὑδροφόρος, ὡς ἀνωτέρω ἐξετέθη.

Κατὰ τὴν γεωλογικὴν μελέτην τῶν λιμνῶν Ὑλίκης καὶ Παραλίμνης ἐπιστοποιήθησαν τὰ ἐν τῷ σχήματι 177 στρώματα, ὧν ἡ διαπερατότης δίδεται ὡς ἀκολουθῶς ὑπὸ τοῦ I. Τρικκαλινού.

1. Νεώτερα ἀλλουβιακὰ ἀβεβετοψαμμιτικά διαπερατὰ στρώματα.

2. Ἀρχαιότερα ἀλλουβιακὰ στρώματα γνωστὰ ὡς πλευρικά κορήματα. Ἰσυνήθως περατὰ, ἀλλὰ περιβαλλόμενα (ὡς ἐνταῦθα) ὑπὸ σκληρῆς, στερεᾶς ἐπιφλοιώσεως (κλιματολογικῆς γενεσιουργίας) μεταβάλλονται εἰς σχετικῶς στεγανά.

Τεταρτογενής αιών		Ολόκαινον (σύγχρον.) Πλειστόκαινον	Άλλουβιακά, άμμος, χάλικες. Ψαμμίται, άργιλλική άβεστολίθος, πρασίνη, άμμος, άμμος, χάλικες.
Τριτογενής αιών	Νεογενής	Πλειόκαινον Μειόκαινον	Άλλουβιακά, χάλικες, άμμος Άβεστολιθικά, άμμος, χάλικες, μάργαι, φαμ- μίται.
	Παλαιογενής	Ολιγόκαινον Ηώκαινον	Άμμος, τραβερτίνης, ψαμμίται Άμμος, ψαμμίται, άβεστολιθικά
Δευτερογενής αιών.		Κρητιδικόν Ιουράσιον Τριαδικόν	Μαρμαρυγιακή άμμος, άβεστολιθικά, άβε- στολιθικός τάρφος, καρσικά, Πρασίνη άμ- μος, φαμμίται, ούργονικός άβεστολίθος. Δολομιτικοί άβεστολίθοι, άβεστολιθικά άσλιθοι. Άβεστολιθικά, ψαμμίται, μαρ- μαρυγιακή, κρακαλοπαγή, κοχχυλιατής άβε- στολίθος.**
		Πέρμιον Λιθανθρακοφόρον Δεβόνειον Σιλουρίον Καμβρίον	Κόκκινοι φαμμίται (Calcaire magnésien)*** Άβεστολίθοι Άβεστολίθοι (έν Αμερική καί φαμμίται) Άβεστολίθοι, φαμμίται, χαλαζίται, δολομι- ται (έν Αμερική) Δολομίται, Άβεστολίθοι, φαμμίται (έν Α- μερική).

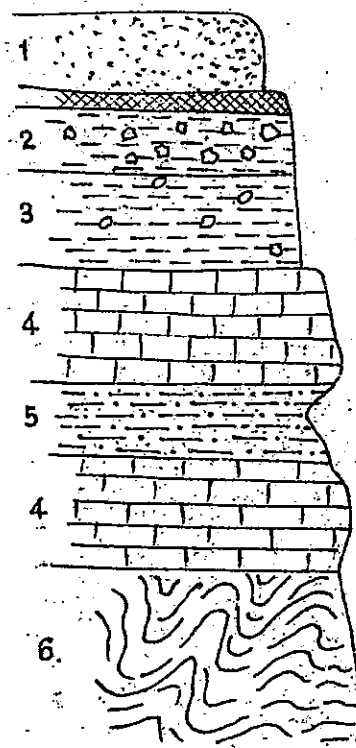
3. Άλλουβιακός έρυθρός πηλός καί άλλο άργιλλικά με έγκα-
τεσπαρμένους κροκάλας. Έξαιρετικώς στεγανόν.

4. Κρητιδικός άβεστολίθος. Υδροπερατότης κυμαίνουμένη καί εξαρ-
τωμένη από περιεκτικότητα άργιλλικών παραμείξεων καί ραδ-

μόν. διαρροήξεως. Διά την ύπ' όφιν περιο-
χήν υδροπερατά.

5. Λευκόφαια άργιλλοφαμμιτικά συναν-
τώμενα μεταξύ κρητιδικών άβεστο-
λίθων (φλύσσαι). Σχετικώς άδιαπεράτα.

6. Σιτιστοκερατολιθικά στρώματα έγκλειον-
τα κατά θέσεις πυριγενή. Ιδιαίτερος
άδιαπεράτα.



Σχ. 177. — Στραματογραφική τομή περιοχής
Λιμνών Υλίκης καί Παραλίμνης
(Ι. Τρικκαλινός).

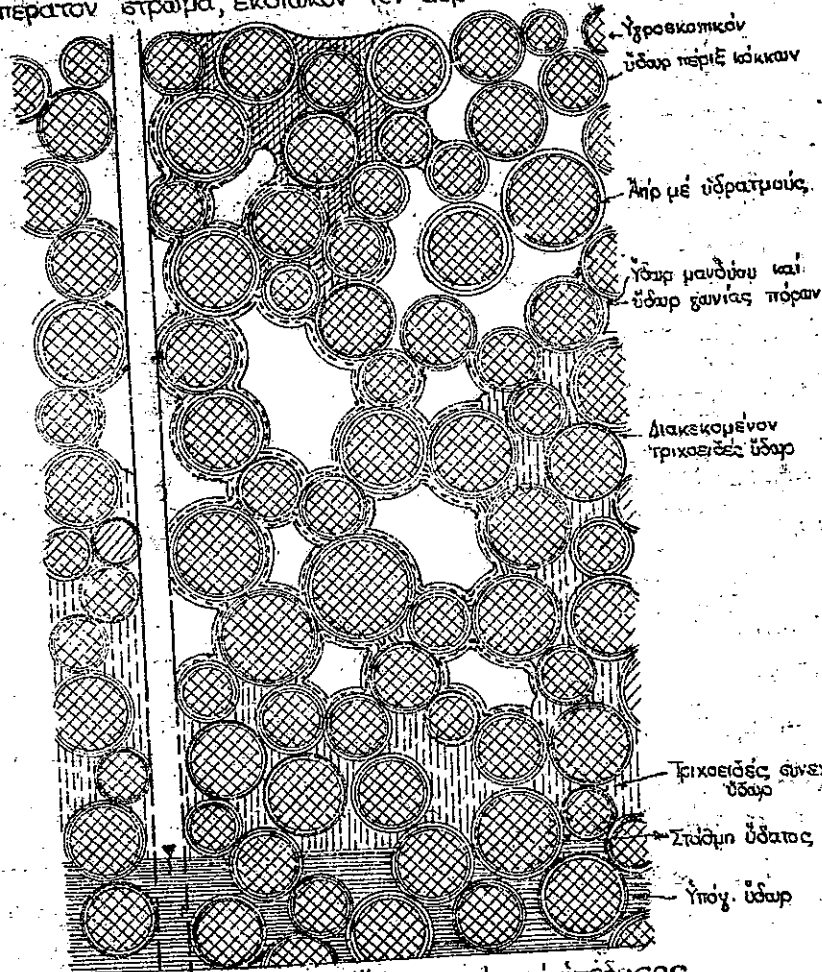
B. Μορφολογία των Υπογείων υδάτων.

1. Διείδσεις, συγκρατήσεις, καί στάθμη υπογ. υδάτων.

Τό ύδωρ της βροχής προσπίπτων επί διαπερατών εδαφών διεισ-
δύει έντός αυτών καί περιβάλλει τούς κόκκους, καί σταλάζον μετα-
ξύ αυτών βαίνει. Διά της βαρύτητος προς τό κάτω, λόγω της συ-
ναφείας (adhesion) του ύδατος προς τό υλικόν των κόκκων
συγκρατείται μονίμως ένα μέρος του ύδατος, επ' αυτών καί άποτε-
λεῖ συνεχῇ μανδύαν περίε' αυτών, ενώ έξ άλλου λόγω της συ-
νοχής (cohesion) του ύδατος προσκολλούνται σταγονίδια ύδα-
τος επί του μανδύου καί συγκρατούνται μονίμως. Εκεί άποτελούντα
τό γανιακόν ύδωρ των πόρων.

Τό υπόλοιπον μεταξύ μανδύου καί γανιακού ύδατος ποσοστόν

των κενών καταλαμβάνεται υπό φεαλιδών αέρος, ή υπό ύδατος κα-
τερχομένου δια της βαρύτητας (Σχ. 178). Όταν το ύδωρ αυτό συναντή-
σει αδιαπέρατον στρώμα, εκδιώκον τον αέρα των κενών σχηματίζει κε-



Σχ. 178.- Διείδυνεις του ύδατος εις τή ύπεδαφος
(ZUNKER).

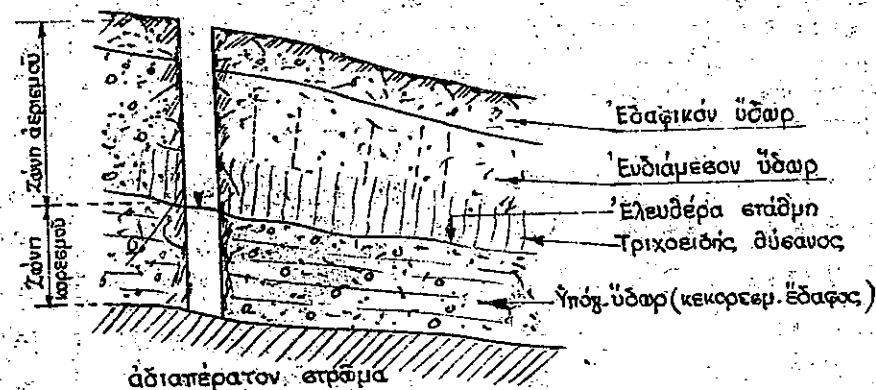
κορεσμένον στρώμα του έδάφους, ή άνω επιφάνεια του οποίου κα-
λείται έλευθέρα στάθμη του ύπογειου ύδατος (wa-
ter table).

Έκ της στάθμης ταύτης, λόγω της συνεχείας των πόρων του
έδαφους, ευηθώς μικρών διαστάσεων ανέρχεται το ύδωρ δια των
τριχοειδών (εις ύψος αντιστρόφως ανάλογον του ανοίγματος των πό-

ρων) και σχηματίζει τον τριχοειδή θύσανον, ή άνω επιφάνειαν του
έδαφους, έξ άλλου, συγκρατείται μέρος του ύδατος όπου και άπο-
τελεί το έδαφικόν ύδωρ.

Έάν ανοίξωμεν ήδη θρυμμα έντός του έδαφους (φρέαρ) ή έλευθέ-
ρα στάθμη σχηματίζει την στάθμην του ύδατος του φρέατος (βλ.
εχήμα 179).

Τά ύπογεια ύδατα έφ' όσον ύπαρχει κλίσεις της έλευθέρας στά-
μης αύτών κινούνται δια των πόρων κατά την διεύθυνσιν της μεχι-



Σχ. 179.- Σχηματισμός ύπογειων ύδάτων.

εως κλίσεως, έφ' όσον δε παύσει ή διείδυνεις εκ των άνω, άπομα-
κρυνόμενα προκαλούν την πτώσιν της στάθμης αυτών, όπου
τω άπομακρυνόμενος όγκος δεν ίσούται μέ τον όγκον των πόρων εξ
ών άπομακρύνεται το ύδωρ αλλά μέ τμήμα αυτού.

Τό ποσοστόν τουτο όπερ εκφεί (εκπεφρασμένον εις ποσοστόν
του όλου όγκου του περιέχοντός πετρώματος), καλείται είδική ή
άπορροή των ύπογειων ύδάτων (specific yield) ένω τό συγ-
κρατούμενον (τό ύδωρ μανδύου και τό χωνιακόν των πόρων ύδωρ)
άποτελεί την συγκράτησιν (retention) του ύδατος (εις πο-
σοστόν όμοίως του όλου όγκου του πετρώματος).

Ούτω όταν 30 κ.μ. κεκορεσμένου πετρώματος στραγγιζόμενον

δίδει 2,4 κ.μ. ενώ το πορώδες αυτού είναι 21% τότε η ειδική απορροή είναι 8% ή δε συγκράτησις 13%.

Δι' άρχιλλον με πορώδες 45% η ειδική απορροή είναι 0% και η συγκράτησις 45%.

Είς τον κατωτέρω πίνακα δίδεται η ειδική απορροή και συγκράτησις άμμοδών έδαφών συναρτήσει της διαμέτρου των κόκκων, και δη συναρτήσει του χρόνου από της έναρξεως λειτουργίας του περάματος (λυσίμετρα) διαρκέσαντος επί 2½ έτη:

Βαρύνουσα διά- μετρος των κόκ- κων (10%) χιλιδεκά	Ειδική απόδοσις %					Συγκράτησις %
	Συντελεστής ήμισυμετρίας	Το πρώτον ήμισυμετρον	Το δεύτερον ήμισυμετρον	Τας προσεχείς 9 ημέρας	Σύνολον	
0,475	Πέριξ του 1.	10.70	4.90	8.70	26.90	6.90
0.185		7.90	5.50	9.50	25.50	8.00
0.155		5.60	4.70	9.90	22.00	11.40
0.118		1.60	1.40	12.85	18.50	14.80
0.083		1.26	0.90	11.30	15.50	18.90

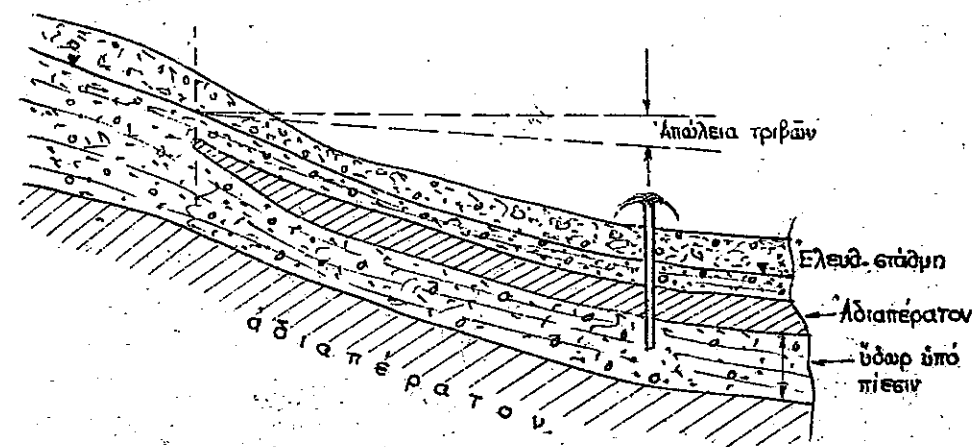
Παρατήρ. Είς την έδαφοποίηση διακρίνομεν είσσι και τρίτην περίπτωσιν μετρήσεως περιεκτικότητας του εδάφους εις υγρασίαν διά του "συντελεστού μαρσαμού" όστις μετρά την εκατοστιαίαν (εις όγκον του εδάφους) αναλογίαν ύδατος κάτωθεν της όποιας τα φύλλα του επ'αυτού αναπτυσσομένων φυτών αρχίζουν να μαραίνωνται.

Η διαφορά μεταξύ συγκρατήσεως και βαθμού κορεσμού, δίδει την ικανότητα του εδάφους προς συγκράτησιν ύδατος διά την ανάπτυξιν φυτών.

Συνήθως είναι η περίπτωσης καθ' ην λόγω εστολιδώσεων άρχικώς τζηματογενών πετρωμάτων η διαφόρων σχημάτων και διαπερατοτήτων έναποδέσεων εύρίσκονται διαπερατά πετρώματα μεταξύ δύο αδιαπεράτων (βλ. σχ.180).

Εν ταιαύτη περιπτώσει σχηματίζεται υπόγειος υδροφόρος όρίζων υπό πίεσιν διατρήσις θε και εολήνωσις αυτού εύνεται να φέρη το ύδωρ μέχρι της επιφανείας του εδάφους η ύπ' αυτήν αναλόγως. Αί μορφαι αύται της ελευθέρας ετάθμης του ύδατος πριν η τουτο μεταβληθι -εις ύδωρ υπό πίεσιν άπαρχής σχηματισμού άρτεσιανών όρίζόντων συναντώνται συνηθως εις τους κώνους - άμσεως μετά τον λαιμόν - των ρευμάτων.

Διά την δημιουργίαν όθεν υπογείων υδάτων απαιτείται η παρουσία αδιαπεράτου στρώματος εφ' ου επικαθίηται διαπερατόν, εντός του όποιου σχηματίζεται ο υδροφόρος όρίζων με ελευθέραν ετάθ-



Σχ. 180.- Υπ' ύδωρ υπό πίεσιν.

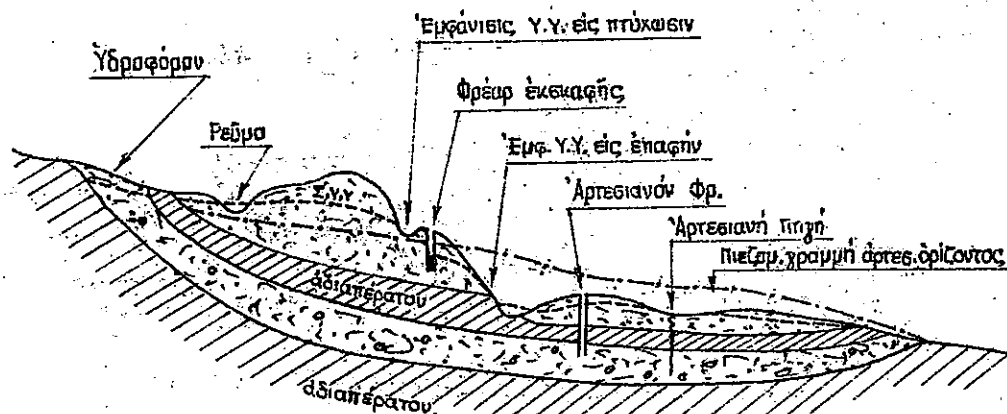
μην η υπό πίεσιν (επαφή πετρωμάτων διαφόρου περατότητας).

Συνήθεις ταιαύτας επιφανείας επαφής αποτελουں τα σύνορα μεταξύ αδιαπεράτου πηλού η άρχιλλου και ψαδυρών άμμοχαλίκων, η η παρουσία τζηματογενών πετρωμάτων (ώδλιθοι, τραβερτίται, ψαμμίται) επί άρχιλλου η επίδεσις επαλαιωδών άβεστολιδων επί σχιστολιδων η άκόμη επί συμπαχών άβεστολιδων, ίνα αναφέραιμεν τας συνηθετέρας ταιαύτας περιπτώσεις (βλ. σχήματα 199, 200, 201, 204).

2. Διαιμόρφωσις σταθμης, δίαυτα καὶ ἀποθήκευσις τῶν ὑπογείων ὑδάτων.

Τὸ μετεωρικὸν ὕδωρ μετὰ τὴν διείσδυσιν ἐντὸς τῶν κενῶν τοῦ ἐδάφους καὶ ἀφοῦ συναντήσῃ ἀδιαπέρατα πετρώματα ποικίλου μορφῆς ἐκρηματίζεται ὑδροφόρους ὀρίζοντας οἵτινες κατὰ τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς αὐτῶν εἰς τὴν ὑδροτεχνίαν λαμβάνουσιν τὴν ὀνομασίαν αὐτῶν ἀναλόγως τῆς διαμορφώσεως τῆς σταθμῆς αὐτῶν ἥτοι: ὑδροφόροι ὀρίζοντες ἐλευθέρας σταθμῆς, ἀρτεσιανοὶ ὀρίζοντες, πηγαί.

Εἰς τὸ ἐκτῆμα 181 δίδονται αἱ συνηδέεστεραι μορφαὶ τῶν ὑπογείων ὑδροφόρων ὀριζόντων.

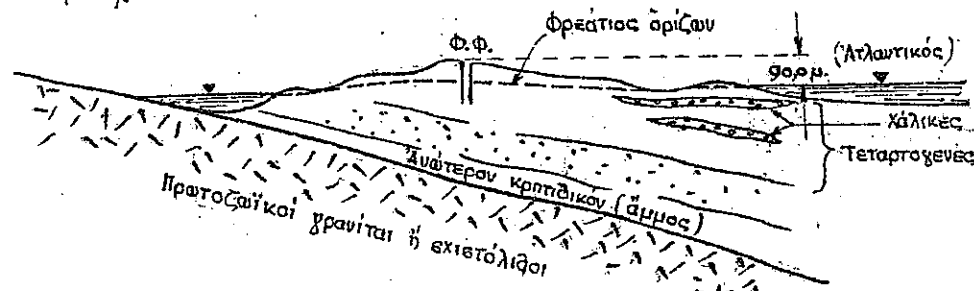


Σχ. 181.- Μορφαὶ ὑπογείων ὑδάτων.

Ἐλευθέρα στάθμη ὑπογείων ὑδάτων.

Τὰ συνήθη ὑπόγεια ὕδατα με ἐλευθέραν στάθμην εἶναι καὶ τὰ εὐκολώτερον ἐρευνώμενα δοθέντος ὅτι εὐρίσκονται εἰς μικρὸν βάθος καὶ ἡ ἀνέωξις ἐνός ἀπλοῦ φρεάτος ἐκκαίφῃς ἢ ἡ βύθισις ἐνός βραχείου σωλήνος δίδουν ἀμέσως τὴν στάθμην τοῦ ὕδατος εἰς τὸ ἐν λόγῳ σημεῖον, διὰ περισσεύτων δὲ τοιούτων σημείων προσδιορίζεται ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδροφόρου ὀριζόντος εἰς μεγάλας ἐκτάσεις.

(βλ. ἐκ. 182. Φρεάτιος ὀρίζων καὶ ὑδροληψία φρεάτων εἰς Long Island, Νέα Ὑόρκη).



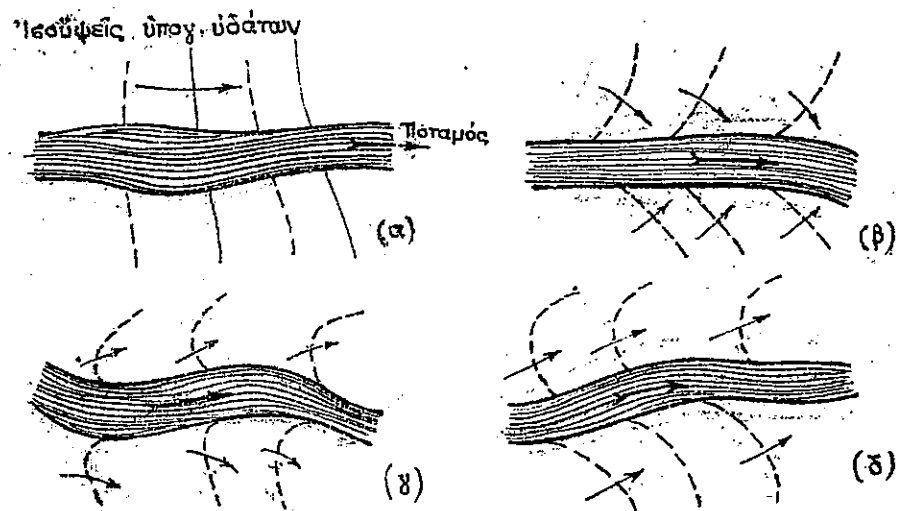
Σχ. 182.- Ὑδροφόρος ὀρίζων εἰς νῆσον Long Island.

Τὰ ὑπόγεια ὕδατα συναντῶντα ἀναδιπλώσεις τοῦ ἐπιφανειακοῦ ἐδάφους ἐξικνουμένως βαθυτέρον τῆς ἐπιφανείας αὐτῶν μετατρέπονται εἰς ἐπιφανειακά ὕδατα τροφοδοτοῦντα λίμνας ἢ χάνδακας καὶ ἐξερκόμενα μὲ μεγάλην ροὴν ἢ ἐνίοτε μὲ ἐλαχίστην τοιαύτην (ἐκρηματίζοντα συνήθως ἔλθῃ εἰς ὀριζόντια ἢ μὲ μικρὰν κλίσιν ἐδάφη). Κατὰ τὴν τομὴν τοῦ ροῦ τῶν ὑπογείων ὑδάτων ὑπὸ ρευμάτων ὕδατος (ποταμῶν) τροφοδοτοῦν τὰ ὑπόγεια ὕδατα τοῦ ποταμοῦ ἢ ἐὰν κατὰ τὰς πλημμύρας ἢ ἐπὶ τὴν τομὴν τοῦ ποταμοῦ ὑπερβῇ τὴν στάθμην τῶν ὑπογείων ὑδάτων τροφοδοτοῦνται τὰ ὑπόγεια ὕδατα ἐκ τῶν ποταμῶν.

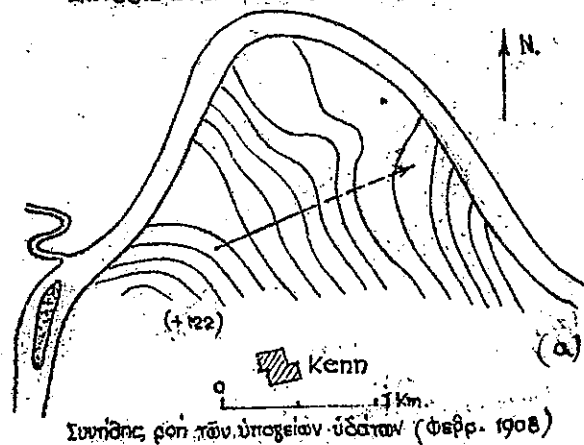
Εἰς τὸ ἐκ. 183 ἐμφαίνονται οἱ πιθανοὶ οἱ συνδυασμοί. Εἰς τὰ ἐκτῆματα 184 ἐμφαίνονται αἱ μορφαὶ τῶν ὑπογείων ὑδάτων εἰς ἓνα μαίανδρον τοῦ Μοζέλα ποταμοῦ τόσον κατὰ τὴν συνήθη ροὴν τῶν ὑπογείων ὑδάτων (α) ὅσον καὶ κατὰ τὴν χαμηλὴν (β) καὶ ὑψηλὴν στάθμην αὐτοῦ (γ).

Εἰς τὸ ἐκτῆμα 185, δίδεται τομὴ τοῦ Ρήνου (ἓνα χίλιμ). Κατὰ τὴν τομὴν τοῦ Εγγλίσαι, ἐνθα ἐμφαίνεται ἡ ἐκ 2800 μ. προσκωθεῖσα κοίτη αὐτοῦ ἐπικαθήμενη τριαδικῷ ἀδιαπέρατου πετρώματος καὶ τροφοδοτούμενη ὑπὸ τῶν ὑδάτων τοῦ ποταμοῦ κατὰ τὸ πλεῖστον.

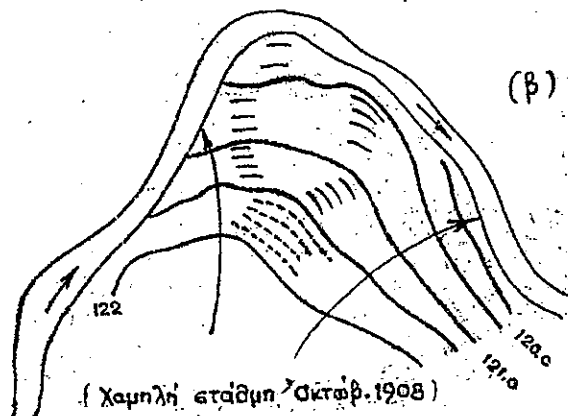
Εἰς τὸ ἐκτῆμα 186 δίδεται τομὴ πεδιάδος ἐντὸς τῆς ὁποίας λαμβάνει χώραν ἡ ὑδροληψία διὰ τὴν ὑδρεύσιν τῆς πόλεως Λειψίας.



Σχ.183. Συσχετισμός στάθμης ποταμού και γειτονικών Υπ.Υδ.



Συμπέριχρη των υπογείων υδάτων (Φεβρ. 1908)

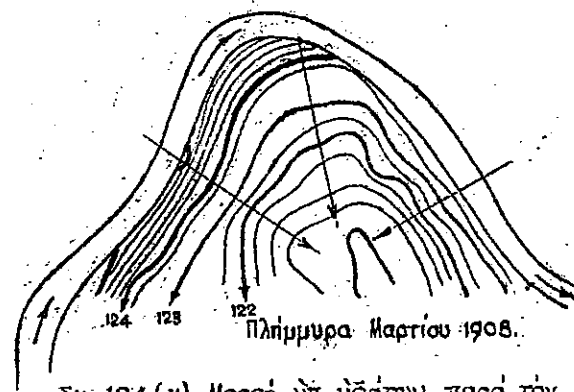


(Χαμηλή στάθμη Οκτωβ. 1908)

Σχ.184 (α,β) Μορφή Υπ.Υδάτων παρα το ποταμού Μοζέλα (Schocklitsch).

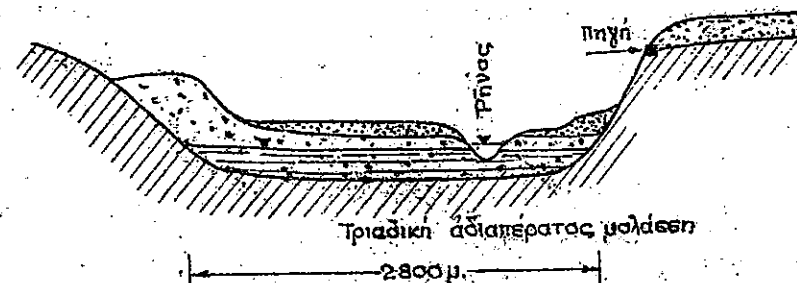
Τρεις διαδοχικά προσεχωσεις διλουβιακών με κεκλιμένα, πρηνή επικαθηνται τριτογενούς αργιλλού, εντός του οποίου προβάλλουν κορυφαί πορφύρη και επί των οποίων έχουν ενσταπτεθεί στρώσεις πηλού και αργιλλού.

Η ελευθέρα στάθμη των υπογείων υδάτων μεταβάλλεται διά διαφόρους λόγους. Ως ήδη ανωτέρω εξετάθη (εκλήματα 183 και 184) μεταβάλλεται μετά της

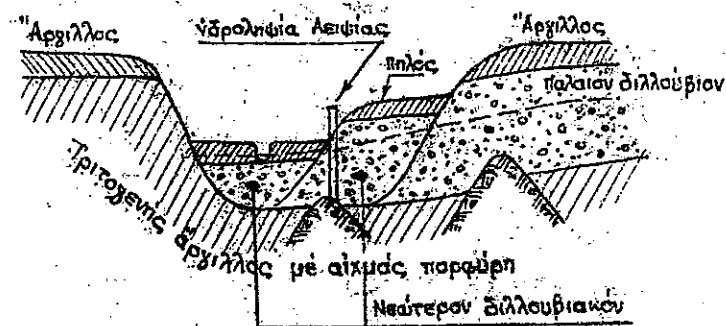


Σχ.184 (γ) Μορφή Υπ.Υδάτων παρα τον ποταμόν Μοζέλα (Schocklitsch).

διακυμάνσεως της επιφάνειας των δι' αυτής διερχομένων ρευμάτων. Εν ταιούτη περιπτώσει είναι δυνατόν να εμφανισθώσιν διαφοραί συνθηκαι της υδρολογικης διαίτης της περιοχής ως π.χ. η εξορανσεις φρεάτων ή ρευμάτων άτινα επηρεοδοτούντο δι της καταβιβασθείσης στάθμης υπογείων υδάτων (βλ. σχ. 187).



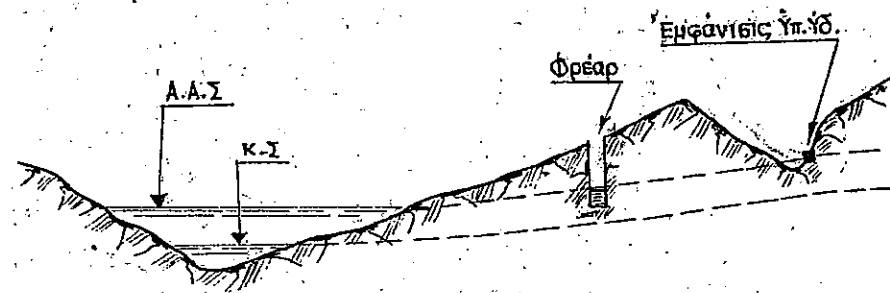
Σχ.185. Υδροφόρος όριζων Ρήνου.



Σχ.186. Υδροφόρος όριζων Λειψίας.

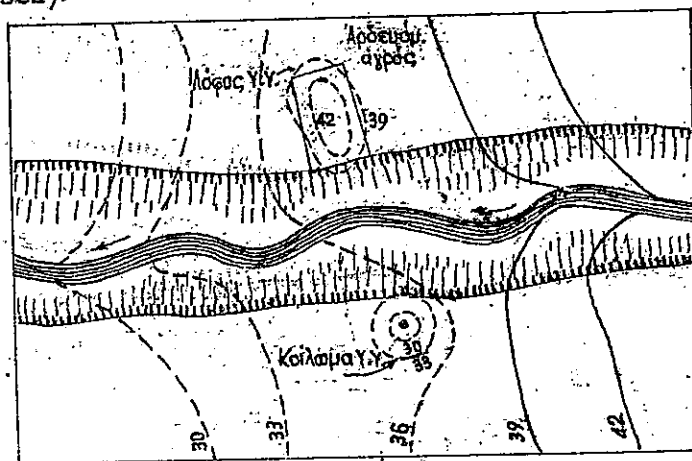
Είς το σχ.188 δίδεται θεωρητική διαμόρφωσις των ίσοϋψών καμπύλων της στάθμης υπογείων υδάτων προκαλουμένης δι έντατικής

αύξησεως, ως και των ἀκαλόγων καμπύλων των προκαλουμένων δι' εν-
τατικής ἀρδευσεως ὑπεράνω των ὑπογείων ὑδάτων.



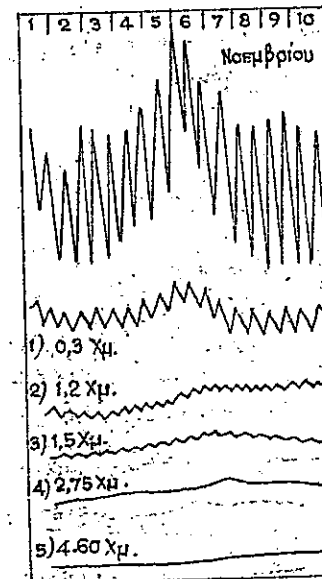
Σχ. 187. Ξηρανσις φρεάτος και χαλδακος

Ἡ συνεχής διακυμάνσις τῆς στάθμης τοῦ τελικοῦ ὑποδοχέως ἐπηρεάζει ἀντιστοίχως τὴν ἐλευθερὰν στάθμην των ὑπογείων ὑδά-
των εἰς μεγάλας ἀποστάσεις ἐνίοτε ἀλλὰ μὲ μειουμένης αἰχμῆς
μεταβολῆς. Εἰς τὸ σχῆμα 189 (Schocklitsch 6.166) ἐμφαίνονται αἱ μετα-
βολαὶ τῆς στάθμης φρεάτων κειμένων εἰς διαφόρους ἀποστάσεις
ἀπὸ τοῦ ποταμοῦ Elbe, κατὰ τὸ πρῶτον 10ήμερον φθινοπωρινοῦ μηνός
(Schocklitsch).



Σχ. 188. Θεωρητικὴ μορφή στάθμης ὑπ. ὑδάτων δι' ἀντήθειν
καὶ ἀρδευσιν (Tolman)

Ἡ στάθμη ποικίλλει βεβαίως καὶ ἀναλόγως τῆς βροχῆς τῆς πι-
πτούσης ὅχι μόνον εἰς τὴν τροφοδοτοῦσαν λεκάνην ἀλλὰ καὶ ἐπὶ τοῦ



Σχ. 189. Διακυμάνσεις σταθ-
μης φρεάτων.

ἐδάφους ἀπ' ἐπιδείας ἀνωθεν τοῦ ὀρίζοντος.
Ἐν τῇ τελευταίᾳ ταύτῃ περιπτώσει ἡ ἀ-
νοδος τῆς στάθμης εἶναι πολλαπλασιασθεῖσα τοῦ
ὑψους τῆς βροχῆς, ὅτι ὡς ἐλέχθη, τὰ κε-
νὰ εἶναι μικρὸν ποσοστὸν τῆς ἐπιφανείας,
ἐπὶ πλέον δὲ μέρας αὐτῶν εὐγκρατεῖ ὑ-
δαρ καὶ μετὰ τὴν πτώσιν τῆς ἐλευθέρως
στάθμης.

Οὕτω ὁ W.N. White παρατήρησεν τὴν
κάτωθι ἀντιστοιχίαν ὑψους βροχῆς καὶ ὑ-
ψώσεως στάθμης ὑδάτος.

Ὁ λόγος βροχῆς πρὸς ὑψος στάθ-
μης ἐκπεφρασμένος τοῖς ἑκατόν, δίδει εἰς
τὴν εἰρηκμένην ἀπορροήν τοῦ ἐδα-
φους ἡ μεταβολὴ αὐτὴ διδεται λεπτομερῶς

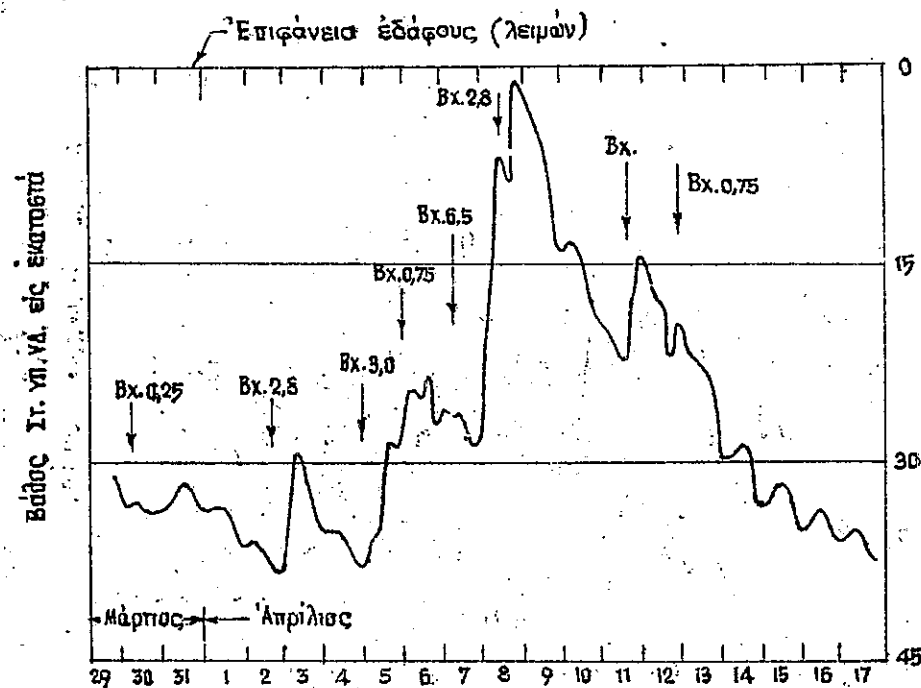
εἰς τὸ σχῆμα 190.

Περαιτέρω ὁ White παρατήρησεν εἰς τὴν αὐτὴν περίσχην τῆς πε-

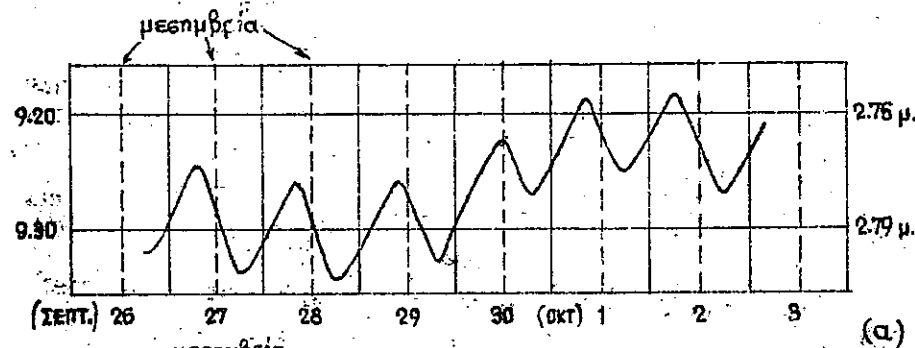
Βροχὴ χιλ.	Ἀνοδος στάθμης (μλ)	Βροχὴ: ὑψος στάθμης
Μάρτιος 0,25	15,0	1,7%
Ἀπρίλιος 3 2,8	99,0	3,0%
5 3,0	96,0	3,2%
6 0,75	45,0	1,6%
7 6,5	240,0	2,8%
8 2,8	73,0	3,8%
12 0,75	27,5	2,7%

διὰ τοῦ Escalante (Utah, Η.Π.Α) ὅτι ἡ στάθμη των ὑπογείων ὑδάτων
μετεβάλλετο μετὰ τῆς βροχῆς, τῆς θερμοκρασίας τοῦ μηνός τοῦ ἔτους

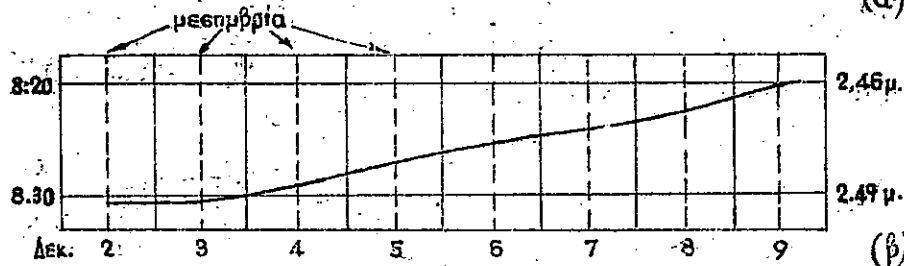
καί τῆς ὥρας τῆς ἡμέρας κατὰ καμπύλας διδομένας εἰς τὰ ἐκρήματα 191.



Σχ. 190. Βροχή καὶ στάθμη Υ.Υ. εἰς λειμῶνα.

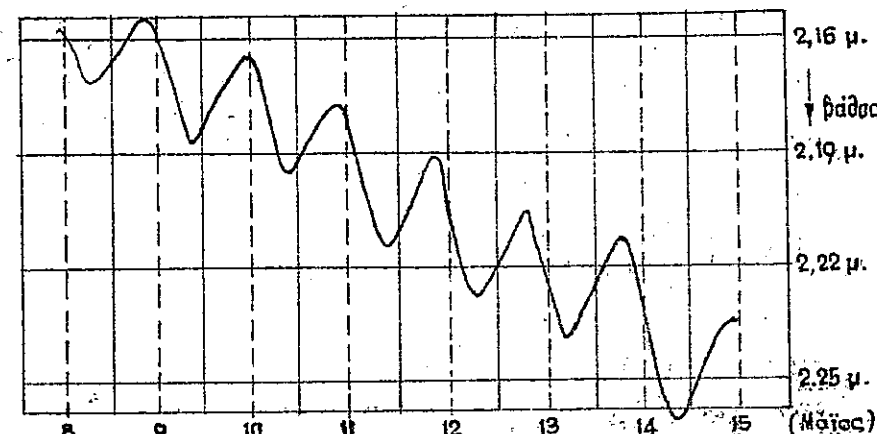


(α.)



(β.)

Σχ. 191 (α, β). Μεταβολὴ στάθμης Υ.Υ. κατὰ Σεπτέμβριον, Δεκέμβριον.



Σχ. 191 (γ) Μεταβολὴ στάθμης Υ.Υ. κατὰ Μαΐον

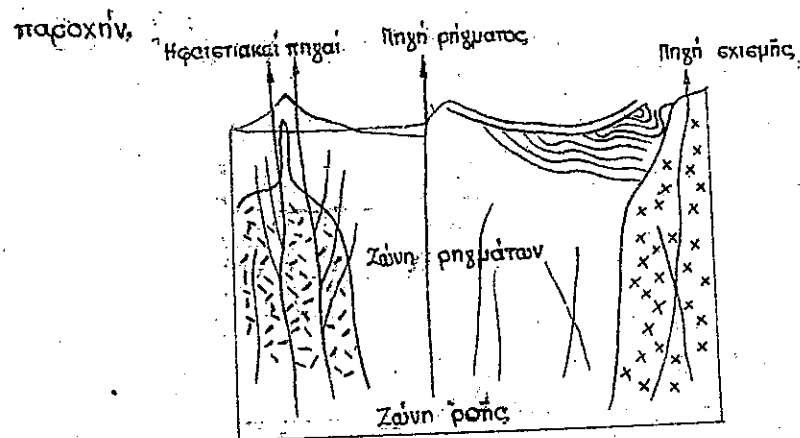
3. Πηγαί

Ἡ ἐμφάνισις τῶν ὑπογείων ὑδροφόρων ὀριζόντων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους, ὑπὸ ὀρισμένας προϋποθέσεις διαμορφώσεως τῶν πετρωμάτων, δύναται νὰ γίνῃ εἰς μεμονωμένα σημεῖα, ὅποτε δημιουργοῦνται αἱ πηγαί. Ἀναλόγως τῆς προσελεύσεως τοῦ ὕδατος καὶ τοῦ τρόπου δημιουργίας αὐτῶν αἱ πηγαί ταξινομοῦνται κατὰ τὸν Κ. Bryan εἰς τὰς ἀκολουθοῦσας κατηγορίας:

Ι. Πηγαί βαθέων ὑδάτων.

Εἰς αὐτάς ὑπάρχουν αἱ ἡφαιστειακαὶ πηγαὶ αἱ προερχόμεναι ἐκ μαγματικοῦ ἢ σιμαντινοῦ ὕδατος ἢ ἀκόμη ἐκ μετεωρικοῦ ὕδατος ὅπερ κατὰ τὴν εἰς μέγαλον βάθος εἰς πετρώματα ὑψηλῆς θερμοκρασίας καὶ ἀπέκτησεν ὡς ἐκ τούτου ὀρισμένα χαρακτηριστικά. Αἱ πηγαὶ αὗται ἔχουσιν σταθερὰν καὶ ὑψηλὴν παροχὴν, μεγάλην περιεκτικότητά μεταλλων καὶ πολλαὶ ἐξ αὐτῶν μεγάλην περιεκτικότητά ἀερίων ἐν διαλύσει.

Εἰς τὸ ἐκρῆμα 192 δίδεται διάγραμμα τοιαύτης φύσεως πηγῶν. Ἐνταῦθα ὑπάρχουν αἱ πηγαὶ σκιερῶν ἢ ῥηγματῶν προερχόμεναι ἐκ μεγάλου βάθους καὶ ἔχουσιν ὁμοίως σταθερὰν

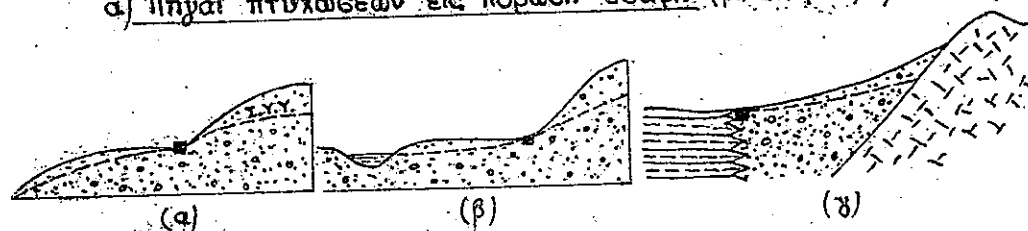


Σχ. 192. Πηγαί εκ βαθέων φρεμάτων.

II. Πηγαί αβαθών υδάτων.

Είς αυτάς υπάχονται τὰ πλείεστον τῶν πηγῶν, ὧν ἡ παροχὴ προέρχεται ἀποκλειστικῶς ἐκ μετεωρικοῦ ὕδατος καὶ διακρίνονται εἰς τέσσαρας κυριωτέρας κατηγορίας (α ἕως δ).

α) Πηγαί πτυχώσεων εἰς πορώδη ἐδάφη. (βλ. σχημ. 193)



Σχ. 193. Πηγαί πτυχώσεων εἰς πορώδη ἐδάφη.

β) Πηγαί ἐπαφῆς πορώδους ἐδάφους ἐπὶ ἀδιαπεράτου ἐδάφους.



Δευτερεύουσα Σ.Υ.Υ.

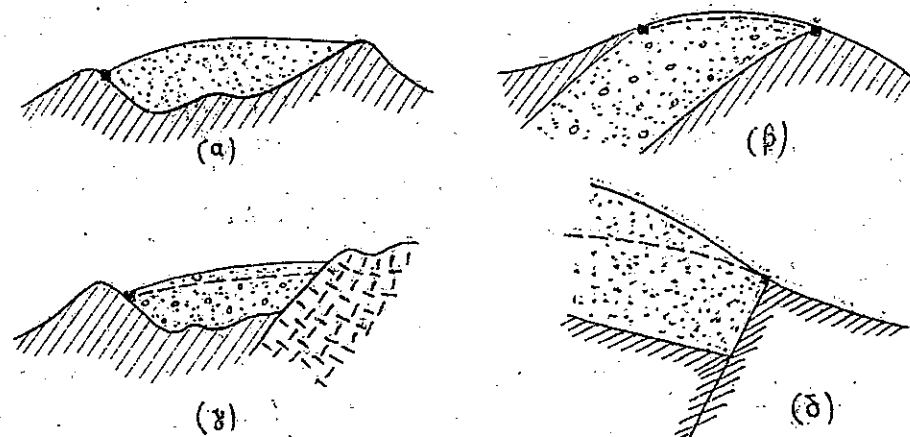


Σχ. 194. Πηγαί ἐπαφῆς διαπερατοῦ ἐπὶ ἀδιαπεράτου πετρώματος.

Αἱ πηγαί αὗται διακρίνονται ἀναλόγως τοῦ ἐπιπέδου ἐπαφῆς εἰς ὀριζόντια, κεκλιμμένα καὶ ἀνώμαλα ἐπίπεδα ἐπαφῆς.

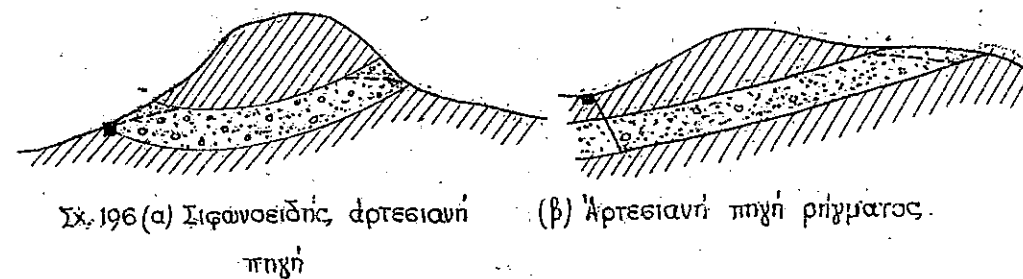
Εἰς τὸ σχῆμα 194 διδόνται τοιαῦται πηγαί ἐπαφῆς μὲ ὀριζόντιον, κεκλιμένον ἢ καὶ αἰωρούμενον ἐπίπεδον ἐπαφῆς.

Μορφολογικῶς αἱ πηγαί ἐπαφῆς διακρίνονται ἀκόμη εἰς πηγὰς θύλακας (α) πηγὰς ὑπερχερίσεως (β), πηγὰς φράγματος (γ), πηγὰς ρηγμάτων (δ), ὡς ἐμφαίνεται εἰς τὸ σχ. 195.



Σχ. 195. Πηγαί ἐπαφῆς.

γ) Ἀρτεσιαναί πηγαί, ὡς ἐμφαίνονται αὗται εἰς τὸ σχ. 196.



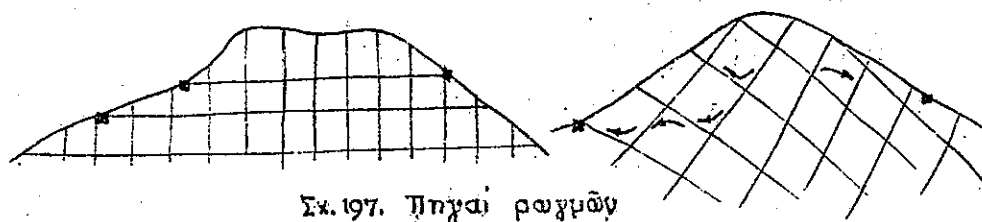
Σχ. 196 (α) Σιφωνοειδῆς ἀρτεσιανή

(β) Ἀρτεσιανή πηγή ρήγματος.

πηγὴ

δ) Πηγαί εἰς ἀδιαπέρατα ἐδάφη.

Τέλος θεωροῦνται αἱ προερχόμεναι ἀπὸ ρωγμῶν ἢ ἐπὶ ἡλίαι ἀδιαπεράτων ἐδαφῶν, ὡς ἐμφαίνεται εἰς τὸ σχ. 197.



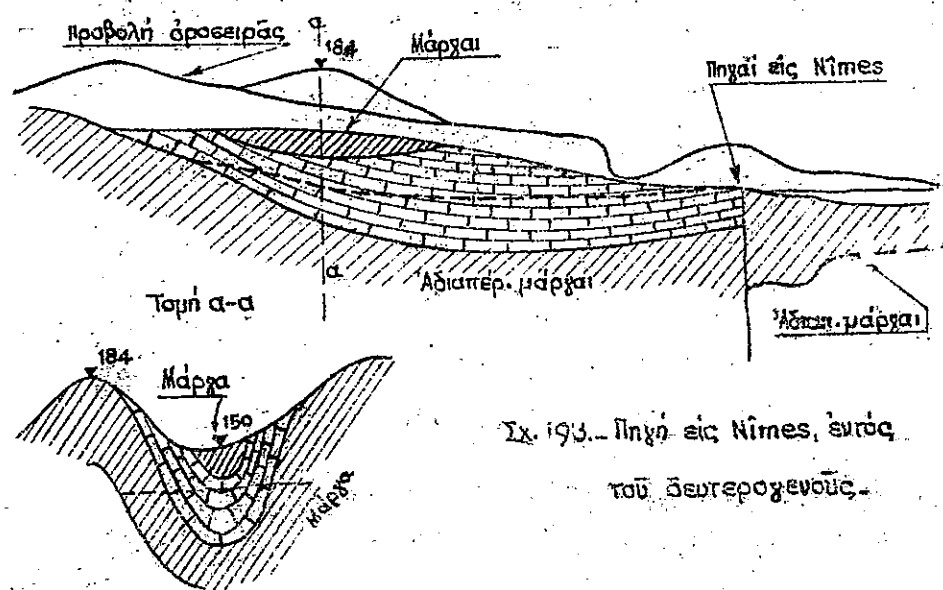
Σχ. 197. Πηγαί ρωγμών

ε) Παραδείγματα πηγών.

Αι ευνήδεις εν τη πράξει πηγαί δύνανται να καταταχθούν εις τας ως άνω κατηγορίας. Αι πηγαί ρωγμών, όμως, ιδία εν Ευρώπη αλλά και εν Ελλάδι, ευρισκόμεναι συνήθως εις πετρώματα λίαν ρωγμώδη και έντόνως, καρετικά εμφανίζονται συχνότατα και ως πηγαί έπαφής ευχρόνως των καρετικών πετρωμάτων επί άλλων πετρωμάτων άδιαπεράτων.

Κατωτέρω δίδονται αι ευνηδέστεραι εμφανίσεις πηγών προς πληρη κατανόησιν του τρόπου δημιουργίας αυτών.

Ούτω εις τό εκήμα 198^α δίδονται αι πηγαί της πόλεως Nîmes ευρισκόμεναι έντός διαστρώσεων δευτερογενούς επικαθυμένου εις άδιαπεράτους μάργας. Εις τό εκ. 198^β δίδεται τομή του έδαφους της

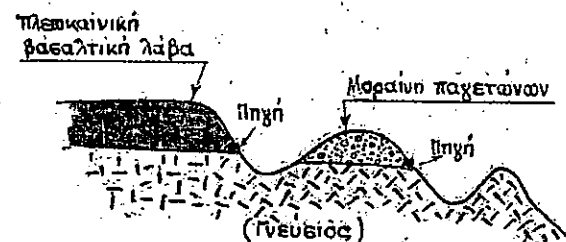


Σχ. 198. Πηγή εις Nîmes, έντός του δευτερογενούς.

έξηγηει την ευγκέντρωσιν των ύδάτων του διαπερατού, λόγω του ευγκλί- νου, εις έν σημείον.

Η έν λόγω πηγή παρουσιάζει παροχάς κυμαινόμενας, μεθάλως και δὴ μεταξύ 10 και 10000 λίτρων ανά δλον.

Εις τό εκήμα 199 δίδονται αι πηγαί εις την πεδιάδα Valbeix αιτινες εμφανίζονται εις την έπαφήν υπόκειμένου γυευείου μετά

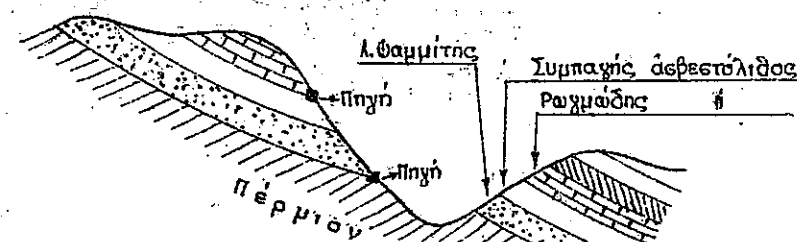


Σχ. 199. Πηγή Valbeix

πλειοκαινικής βασάλτι- κής λάβας ή πρώτη και Μαραίνον παγετώ- νων ή δευτέρα.

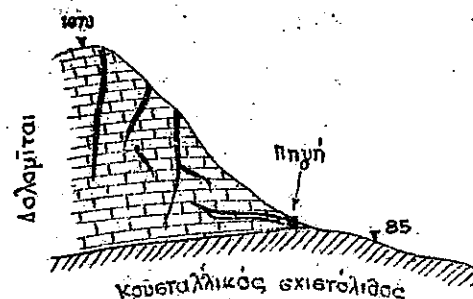
Εις τό εκήμα 200 δίδονται όμοίως δύο πη- γαί έπαφής του δευτε-

ρογενούς. Τά ύδατα της άνω έξέρχονται εις την έπαφήν ρωγμώδους άβεστολίθου επί συμπαγούς άβεστολίθου, της κάτω δέ εις την έπα- φήν λευκών φαμμιτών επί του περμιού.



Σχ. 200. Πηγαί έπαφής δευτερογενούς.

Εις τό εκήμα 201 δίδε- ται τό κλασσικόν και εν Έλ- λάδι παράδειγμα πηγών έπα- φής καρετικού άβεστολίθου επί κρυσταλλικού σχιστολί- θου.

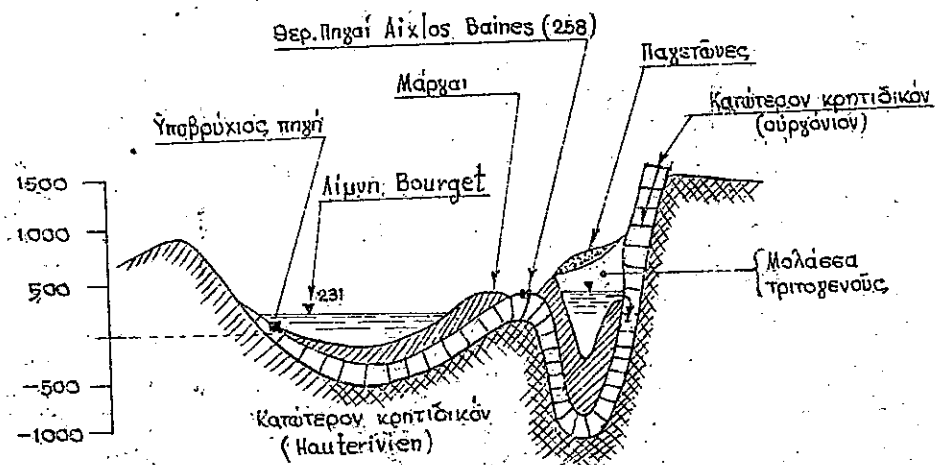


Σχ. 201. Πηγαί έπαφής άβεστολίθου επί σχιστολίθου.

Εις τό εκήμα 202 δίδε-

ται η μορφή των ιαματικών θερμών πηχών (47° Κελσίου) εις τα λου-
τρα. Aix-les-Baines.

Αι πηγαί τροφοδοτούνται εκ των μετεωρικών υδάτων, άτινα άφ'
ενός κατέρχονται εντός του έδάφους, διά του κατωτέρου κρητιδικού
(ούργονιον), άφ' άλλου δέ εκχειρίζουσιν εκ λεκάνης, μολάσσης τρι-
τογενούς και συγκεντρώνονται εις εις φωνά βάρους 1000 μέτρων περι-

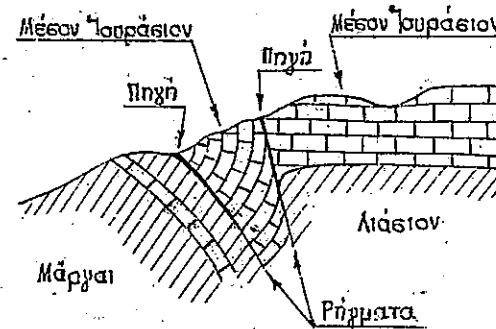


Σχ. 202. Πηγαί εις Aix-les-Baines

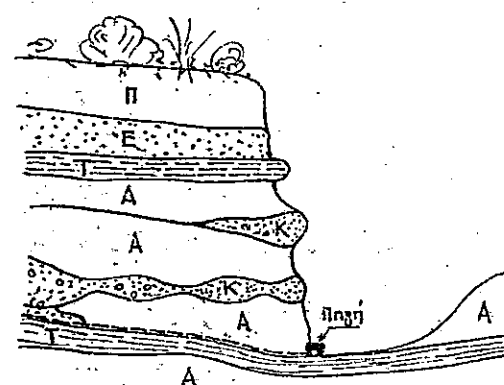
που εξ ου' ανερχόμενοι διαμοιράζονται εν μέρος εις τας πηχάς του
Aix-les-Baines το δέ άλλον εις υποβρυχίους πηχάς υπό την
λίμνην Bourget. Ο εις φωνά σχηματίζεται από ετολίδωσιν του κατω-
τέρου ρωγμάδους κρητιδικού (ούργονιον) εντός επίσης κατωτέ-
ρου κρητιδικού άλλ' αδιαπεράτου στρώματος (Hauteriviën) (κατά τον
Revil.).

Εις το σχήμα 203 δίδονται αι πηγαί εις Poligny αίτινες προσφ-
χονται από ύδατα ρηγμάτων εντός του δευτερογενούς μέσου Ιου-
ραίου επικαθημένου επί του λιασίου και μαρμάρων.

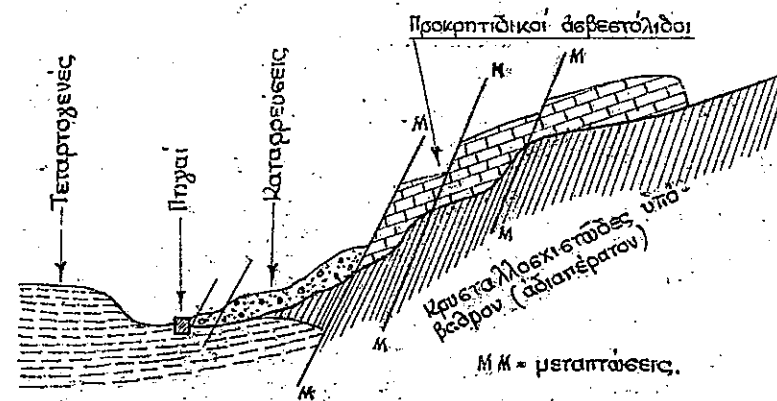
Τέλος εις τα κατωτέρω σχήματα δίδονται αι πηγαί εις Ν.Τρίγ-
λιαν Χαλκιδικής (σχ. 204) αίτινες εμφανίζονται εντός τραβερτίνης
επικαθημένου έρυθρών και κιτρίνων άρχιλλων ως και εις



Σχ. 203. Πηγαί εις Poligny



Σχ. 204. Πηγαί Ν.Τρίγλιας, Χαλκιδικής (Μαραβελάκια).



Σχ. 205. Πηγαί Μουνάρ - Μπασι, Δράμας (Μαραβελάκια).

4. Καταβόδραι.

Όφειλόμεναι εις τα αυτά αίτια ως αι πηγαί ρωγμών, άλλά παρου-

εἰδίζεται μέ ἀντίθετον ἀποτέλεσμα τὸ φαινόμενον τῶν κ.α.τ.α.β.ο.θ.ρ.ων ἦτοι κενῶν τῶν ἀβεστολιθικῶν ἐδαφῶν οἱ ὧν ἀπάρχονται ὑδάτα ἐκ τῶν ἐπιφανειακῶν ἀπορροῶν ἐντός τοῦ ἐδάφους μέ τελικὴν ἐκροήν συνήδως ἀγνωστον, προφανῶς δὲ εἰς ἀπομεμακρυσμένας ἐπιφανειακάς ἢ ὑποβρυχίους πηγὰς ἢ ἀκόμη εἰς ψαθυρά ἐδάφη ἔνθα μετατρέπονται εἰς ὑπόγεια ὕδατα, ἐντός τῶν πόρων τῶν ἐδαφῶν τούτων. Τὸ φαινόμενον τοῦτο εἶναι σύνθετος εἰς ὅλας τὰς καρστικὰς περιοχὰς (Β.Α. Τριέστης καὶ νοτίως μέχρι καὶ τῆς Ἑλλάδος).

Εἰς τὴν Κεντρικὴν Πελοπόννησον, τὴν Στερεὰν Ἑλλάδα καὶ τὴν γραμμὴν τῆς Πίνδου, συνηδέστατα ἐμφανίζονται ὑδρολογικῶς κλίσεις τὰς λεκάναι (ἀνευ οὐδεμιᾶς δυνατότητος ἐπιφανειακῆς ἀπορροῆς ἐκτός αὐτῶν) μοναδικὴν διὰ βαρύτητος ἀποχέτευσιν (ἐκτός τῆς ἐξατμίσσεως δηλονότι) ἀποτελοῦν ῥῆγμα ἐντός τοῦ ἀβεστολιθικοῦ ὑποβάθρου. Ἐνίοτε αἱ καταβόθραι αὗται πληροῦνται ἐκ φερτῶν ὑλῶν, οὐκ ἐπανία δὲ εἶναι ἡ περίπτωσης καθ' ἣν οἱ ἀγρόται πειρῶνται ἱκανοποιητικῶς καθαρισμὸν αὐτῶν διὰ νὰ ἐπιτύχουν τὴν ἐγκαιρον ἀποχέτευσιν ἀντιπροσάφοντων ἐπιφανειακῶν ὑδάτων διὰ τὴν καλλιέργειαν τῶν ἀγρῶν.

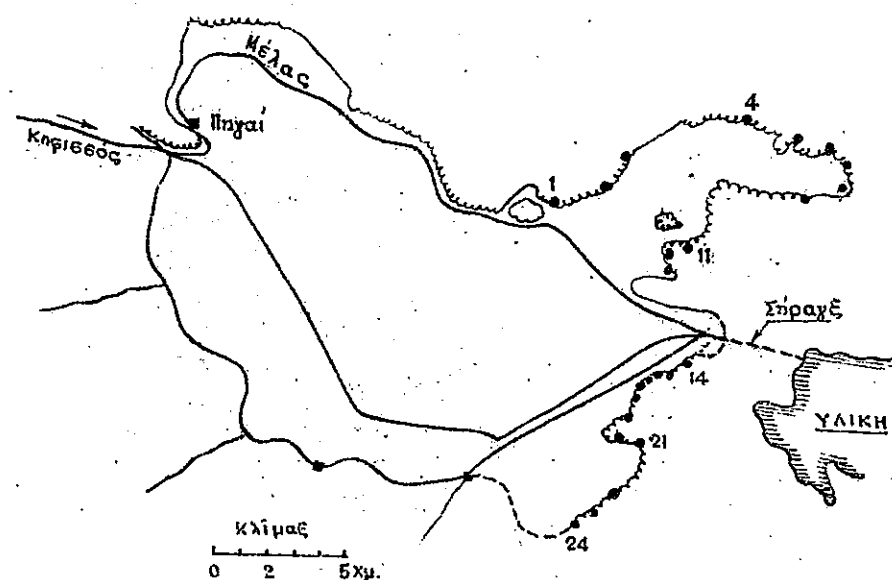
Τὰ λίμματα τῆς πόλεως τῆς Τριπόλεως (ἐξ ὁλοκλήρου τοῦ δικτύου ὑπονόμων τῆς πόλεως) φέρονται εἰς ῥεῦμα ἐκτός αὐτῆς, ὅπερ τελικῶς καταλήγει εἰς ταύτην καταβόθραν, ἀποτελεῖ ὅμως ἐπὶ τοῦ προκειμένου τοῦτο ἡ κ.ι.ε.τ.α. ὑ.γ.ε.ν.τ.ν. μέ-δοδον ἀποτετεύσεως.

Ἡ λίμνη τῆς Κωπαΐδος, τροφοδοτουμένη ἀπὸ τὰ ὕδατα τοῦ Κηφισοῦ ποταμοῦ καὶ τὰς πηγὰς τοῦ Μελανοῦ ποταμοῦ, ἐκχηματίζεται λόγῳ στερήσεως φυσικῆς ἀπορροῆς, ἀπὸ ἐνός ὅμως εἰρημίου βάθους αὐτῆς ὑπερεξεχέλιξε. Στὰ 24 καταβόθρων εἰς τὰ περίε ἀβεστολιθικά πετρώματα (βλ. εἰκ. 206).

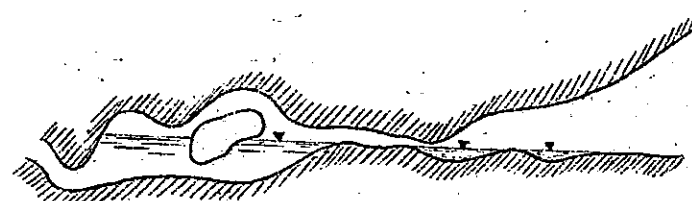
Ἀπὸ τῆς κατασκευῆς τῆς πρὸς τὴν Ὑλικὴν λίμνην ἐπὶ ἀρχαῖος ἀποχετεύσεως καὶ τῆς ἐκ ταύτης προκυψάσης ἐπὶ ἀρχαίας τῆς λίμνης,

τὰ στόμια καταβόθρων παρέμειναν εἰς μέγα ὕψος, χρησιμοποιούμενα ἐνίοτε ὡς καταφύγια ποιμνίων.

Εἰς τὸ εἰκ. 207 δίδεται τὸ σπηλαῖον Recca εἰς τὰ Ἰταλογιου-κοσλαυικά σύνορα, ἐντός τοῦ ὁποῦ ρέει καὶ ἐξαφανίζεται ὁ ὁμώνυμος ποταμός.



Σκ. 206. Πεδίος Κωπαΐδος, Πηγὰς Μελανοῦ καὶ καταβόθραι.



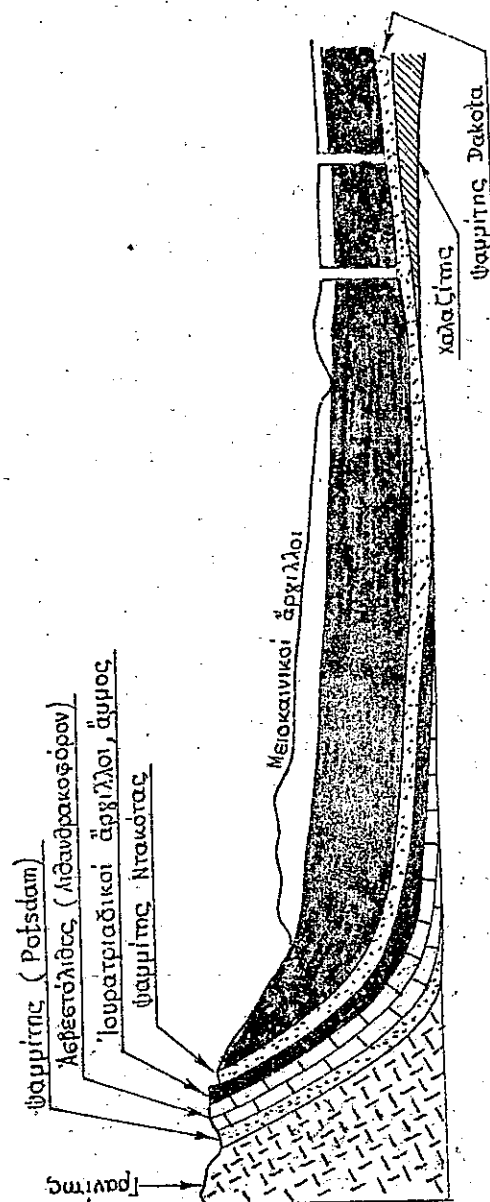
Σκ. 207. Καρστικά Σπήλαια ἐντός τῶν ὁποῦ ρέει ὁ ποταμός Recca.

5. Ἀρτεσιανοὶ ὀρίζοντες.

Εἰς τὸ εἰκ. 180 ἐδόθη ἡ γενικὴ ἀρχὴ τῆς γενέσεως τῶν ἀρτεσιανῶν ὀριζόντων, ὡς ἐπίσης εἰς τὰ εἰκ. 196 καὶ 202 ἐδόθησαν μορφὰί πηγῶν μέ ἐκχηματισμὸν ἀρτεσιανῆς φύσεως.

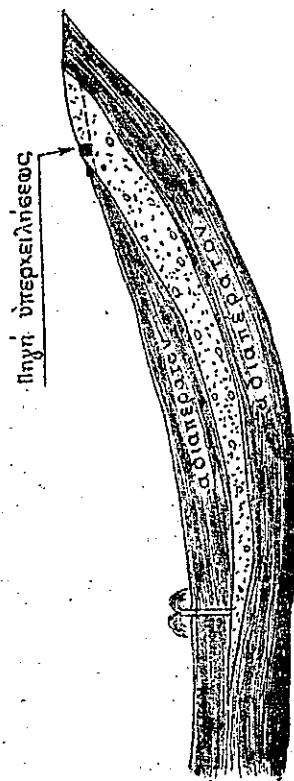
Εἰς τὸ εἰκ. 208 ἐμφαίνεται ὁ ἐκχηματισμὸς τῶν ἀρτεσιανῶν.

νῶν ὀριζόντων εἰς Νότιον Ντακότα (H.P.A.), κυρίως ἐντός τῶν ψαμμι-
τῶν τῆς Ντακότας περιβαλλομένων ἀνωθεν καὶ κατωθεν ἀπὸ ἱουρα-
τριάδικων ἀδιαπεράτων ἀρχίλλων καὶ ἄμμων.



Σχ. 208. Ἀρτεσιανοὶ ὑδροφόροι ὀρίζοντες εἰς South Dakota

Εἰς τὸ ἐκῆμα 209 ἐμφαι-
νέται ἑτέρα κλασικὴ μορφή
ἀρτεσιανῶν ὑδροφόρων ὀριζόν-
των ἀποσβεσνυμένων βαθμιαί-
ως ἐντός ἀδιαπεράτων στρω-
μάτων κατὰ τρόπον τοιοῦτον
ὥστε νὰ ἀποθηκεύεται πλήρως
ἐντός τῶν πρώτων ἡ διεισδύ-
ουσα ποσότης τοῦ ἐπιφανειακοῦ



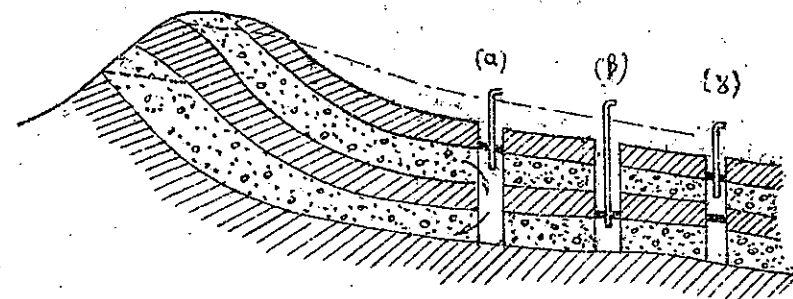
Σχ. 209. Ἀδιέξοδον διαπεράτον στρώμα (Chamberlin).

ὑδάτος / ἀποκλειομένης πάσης περαιτέρω δυνατῆς ἐξόδου τοῦ ὑδάτος
πλὴν τῆς διὰ φρεάτων ἢ πηγῶν ὑπερχειλίσσεως εἰς τὴν πρὸς τὰ κατώτερα

πλευρὰν τῆς εἰσόδου διὰ διαπεράτου στρώματος.

Περαιτέρω εἰς τὸ ἐκῆμα 210 δίδονται εἰς διόφορον ἀρτεσιανόν
ὀρίζοντα οἱ τρόποι ἐκμεταλλεύσεως αὐτοῦ διὰ γενομένων γεωτρήσεων
εἰς μεγάλον βάθος διαπερόντων καὶ τοὺς δύο ὀρίζοντας.

Εἰς τὴν περίπτωσιν (α) ὑπάρχει ὁ κίνδυνος τὸ ὕδωρ ἐκ τοῦ
ἀνω ὀρίζοντος νὰ ρεύῃ εἰς τὸν κατώτερον (ἔχοντα εἰς τὸ αὐτὸ ἐπι-
μῆκον χαμηλοτέραν πιεζομετρικὴν γραμμὴν).



Σχ. 210. Τρόποι ἐκμεταλλεύσεως ὑδροφόρων
ὀριζόντων.

Εἰς τὴν περίπτωσιν (β) θὰ ἔχωμεν ἀνάμικτον τὸ ὕδωρ καὶ
ἐκ τῶν δύο ὀριζόντων ὅταν τοῦτο ἐξέρχεται τῆς διατρήσεως. Εἰς τὴν
περίπτωσιν (γ), γίνεται ἡ συλλήψις μόνον τοῦ πρώτου ὑδροφόρου
ὀρίζοντος. Ἀρτεσιανοὶ ὑδροφόροι ὀρίζοντες ἀπὸ ἀπόψεως περατό-
τητος καὶ ἐκηματισμοῦ τῶν κενῶν, εἶναι ὅμοιοι πρὸς τοὺς ὀρίζον-
τας ἐλευθέρως ἐστάδμους.

Εἰς τὰ πορώδη ἐδάφη (ἄμμοι, χάλικες, ἀμμοχάλικες, παγετω-
νων, διαπερατοὶ ψαμμίται κ.τ.π.) συναντᾶται κατὰ κανόνα τὸ ὕδωρ.
Εἰς τὰ ἀβεστολιθικά ἐδάφη συναντᾶται κυρίως εἰς τοὺς νεωτέ-
ρους ἀβεστολίθους καὶ τοὺς κατατετρωμένους τοιούτους ἰδίᾳ ὅ-
ταν ἡ κατεύθυνσις τῶν ἄρμων βαίνει ἀπὸ τὰ ὑψηλότερα εἰς
τὰ χαμηλότερα ἐπιμῆκον.

Εὐνοεῖται ἡ συλλογὴ ὕδατος εἰς ἀβεστολιθικοὺς ἀρτεσια-

νούς ορίζοντας, όταν αἱ φυσικαὶ ἐκροαὶ αὐτῶν εἰς τὰ κατάντη φρακθῶσιν διὰ φερτῶν ὑλικῶν ὅποτε αὐξάνει ἡ πίεσις (καὶ ἡ στάθμῃ τοῦ ὕδατος) ἐντός τῶν ῥωγμωδῶν στρωμάτων των καὶ ἡ ἐντός αὐτῶν ἀποθήκευσις, ἡ δὲ ἐκμετάλλευσις αὐτῶν εἶναι καλλιτέρα.

Ἀρτεσιανοὶ ορίζοντας, ευναντῶνται καὶ εἰς κρυσταλλικά πετρώματα τοῦ ὕδατος κυκλοφοροῦντος καὶ ἐδῶ ἐντός τῶν ρηγμάτων καὶ σχισμῶν αὐτῶν, ἰδίᾳ εἰς τὰ ἀνώτερα στρώματα αὐτῶν (τοῦτο ἐμφαίνεται κυρίως εἰς τὰ μεταλλεῖα, ὅπου ευναντῶνται τοιαῦται ὑδροφόροι φλέβαι). Τὰ φρέατα ὅμως ἐντός κρυσταλλικῶν ἑδαφῶν εἶναι πτωχὰ εἰς ὕδωρ, διδόντα κατὰ μέγιστον ὅριον (ὡς εἴμερον παρατηρηθέν) παροχὴν 5-6 λ/ὄλιν ἀνα' γεώτρησιν.

Κατὰ τὸν Clapp ἡ παροχὴ ἐπὶ 160 φρεάτων ἀνευχθέντων εἰς κρυσταλλικά πετρώματα εἰς Connecticut (γρανίται, γνεύσεις, χαλαζίται, σχιστολίθοι, γρανοδιορίται, φυλλίται) ἡ μέση παροχὴ ἀνῆλκετο εἰς 64,0 κυβ. μέτρα ἡμερησίως).

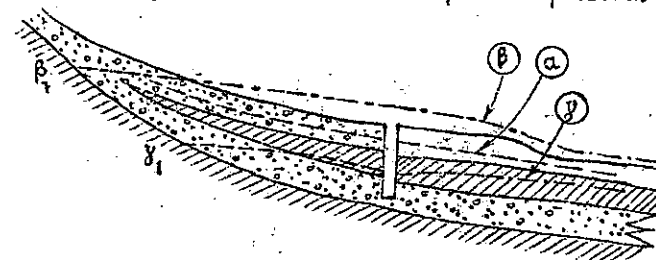
Τὰ εἰς διαφόρους ορίζοντας ἀρτεσιανὰ φρέατα παρουσιάζουν διακυμάνσεις τῆς παροχῆς αὐτῶν ὀφειλομένας—ὡς καὶ εἰς τὰ ἐλευθέρας στάθμης φρέατα—εἰς τὴν διαταρᾶ τῶν τροφοδοτούντων αὐτὰ μετεωρικῶν ὑδάτων. Ἐκαστος τῶν ορίζοντων τούτων ἔχει ἰδίαν χωρητικότητά καὶ ἰδίαν λεκανὴν τροφοδοτήσεως καὶ ἂν ἀντλούμεν περισσότερον ἀπὸ τὴν εἰσοδήν, τροφοδοτούμεθα καὶ ἀπὸ πηλεκανὴν ἀποθηκεύσεως ἥτις συνηθῶς εἶναι μεγαλύτερα ἢ εἰς τὰς ἐλευθέρας στάθμης, σὺν δὲ ὅμως καὶ ἀνεξάντλητος ὡς ἄλλωστε οὔτε ἐκείναι.

Λέον ὅθεν νὰ γίνεταί δοκιμαστικῶς ὑπολογισμένη ἀντλήσις τῶν ὀρεζόντων τούτων.

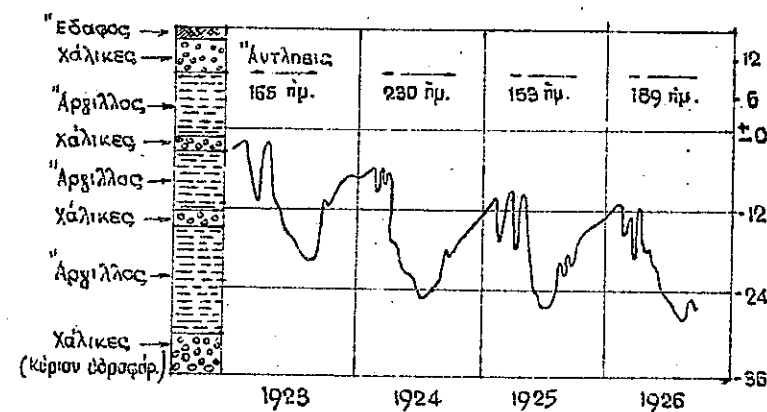
Εἰς τὸ σκῆμα 211 ἐμφαίνονται αἱ ἐλεύθεραι στάθμαι εἰς ὑδροφόρον ορίζοντα ὑπὸ πίεσιν, παρὰ τὴν εἰσοδὸν αὐτοῦ ὡς καὶ αἱ πίεσεις καὶ ἡ πορεία αὐτῶν (πιεζομετρικὴ γραμμὴ) εἰς φρέαρ πρὸς τὰ κατάντη.

Ἡ πιεζομετρικὴ γραμμὴ β, διδὲι τὰς πιέσεις διὰ τὴν στάθμην β₁ ἡ πιεζομετρικὴ γραμμὴ γ τὰς πιέσεις διὰ τὴν στάθμην γ₁ μετὰ βαρεῖαν ἀντλήσειν τοῦ φρεάτος. Ἡ γραμμὴ α διδὲι τὴν ἐλευθέραν στάθμην τῶν ὑπογείων ὑδάτων ὑπεράνω τοῦ ἀδιαπεράτου στρώματος.

Εἰς τὸ σκῆμα 212 δίδονται διὰ μίαν τετραετίαν αἱ διακυμάν-



Σκ. 211. Μεταβολαὶ πίεσεως ορίζοντας.



Σκ. 212. Ἐτήσιαι διακυμάνσεις πίεσεως ἀρτεσιανοῦ ἀναλόγως ἡμερῶν ἀντλήσεως (C. Lee).

σεις πίεσεως εἰς ἀρτεσιανόν ὑδροφόρον, ορίζοντα βάθους 36 μ. ἀποτελούμενον ἀπὸ χάλικας ἐφ' ᾧν ἐπικαθῆται παχὺ στῆμα ἀργίλλου. Αἱ διακυμάνσεις ὀφείλοντο εἰς ἀντλήσεις διαρκούσας 153-189 ἡμέρας κατ' ἔτος (βλ. σκῆμα) καὶ ἐκ τοῦ σκῆματος ἐμφαίνεται εὐθὺς ἀμέσως ὅτι αἱ ἀντλούμεναι κατ' ἔτος ποσότητες ἦσαν μεγαλύτεραι ἀπὸ τὰς τροφοδοτούσας τὴν ὑπάρχουσαν λεκανὴν διότι οὐδέποτε ἡ στάθ-

μη της πιεζομετρικής γραμμής εντός της τετραετίας έφθασεν πίν αρχικήν αυτής σταθμην.

Έτερος λόγος μεταβολής παροχής και πίεσεως των άρτεσιανών όριζόντων είναι τό βαθμιαίον κλείσιμον των πόρων δι' άρχιγλου ή άσβεστίου ή παιπάλης και ή έξ αυτών μείωσις της διαπερατότητος και αύξησις των τριβών κατά την κίνησιν του ύδατος.

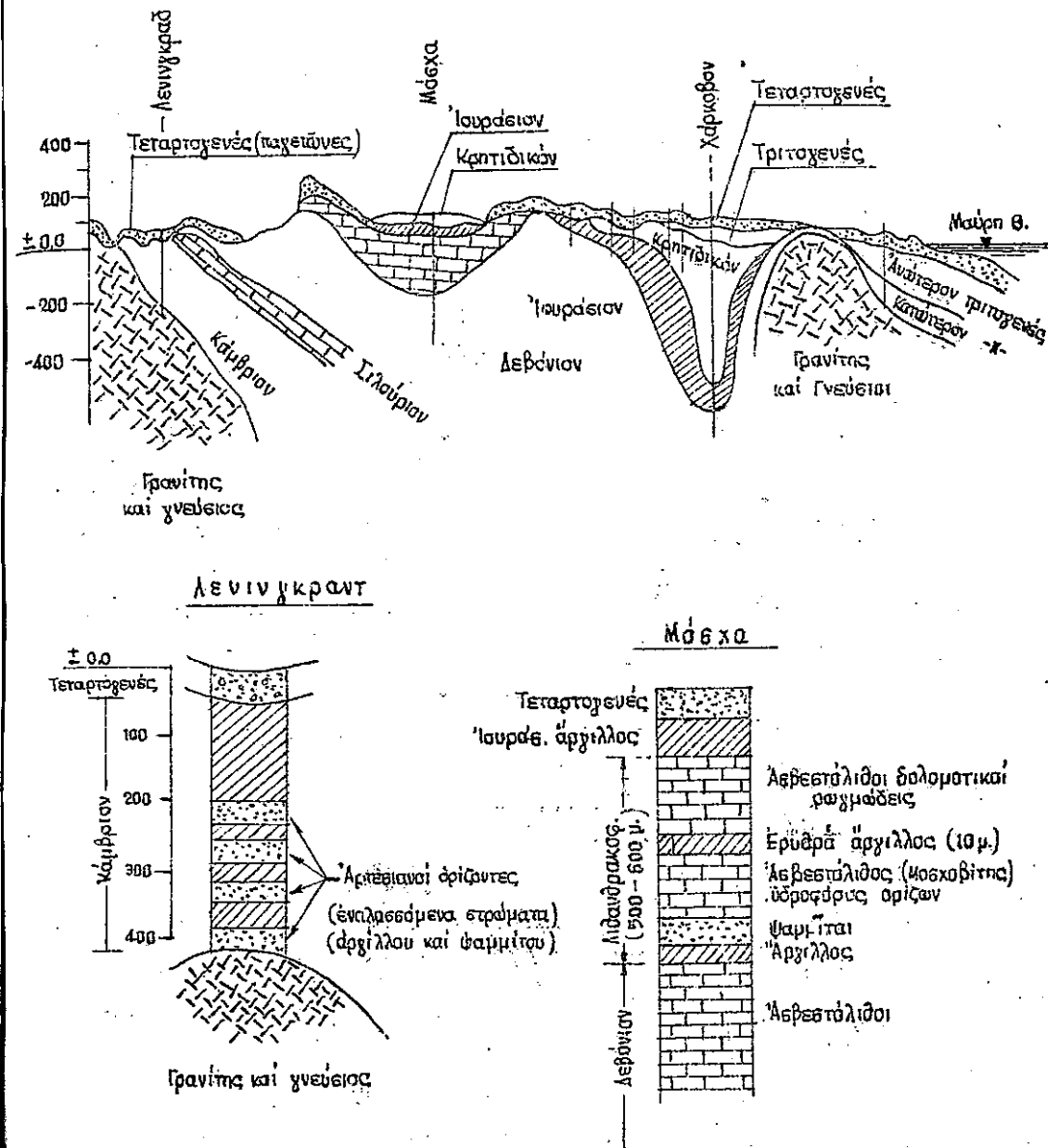
Όμοίως ή πίεσις και παροχή των φρεάτων έλαττούνται εμμαντικώς διά της άνεώξεως γειτονικών φρεάτων όποτε αύξάνεται ή έκρέουσα παροχή και άντιστοίχως αί τριβαί του ύδροφόρου όρίζοντος.

Τέλος ή πενικρά κατασκευή του άρτεσιανού φρεάτος, ίδίγ εις τό σημείον όπου τουτο συναντά τον ύδροφόρον όρίζοντα, επηρεάζει εμμαντικώς την έκμετάλλευσιν του τελευταίου τουτου (Διαφυγή του άρτεσιανού ύδατος εις άλλα στρώματα διά των παρεών των σωληνώσεων, προσάμμωσις της γεωτρύσεως λόγω κακής κατασκευής ή πλήρους έλλείψεως κρησάρων εις λεπτόκκοκα έδάφη, κ.τ.τ.).

Είς τό σχήμα 213 δίδεται τομή εις δυτικήν Ρωσίαν από Λένινγκραντ εις Μόσχαν ένθα έμφαίνεται ή εκ γεωτρύσεων προκύψασα τομή του έδάφους διά την έρευναν των ύδροφόρων όριζόντων αυτού.

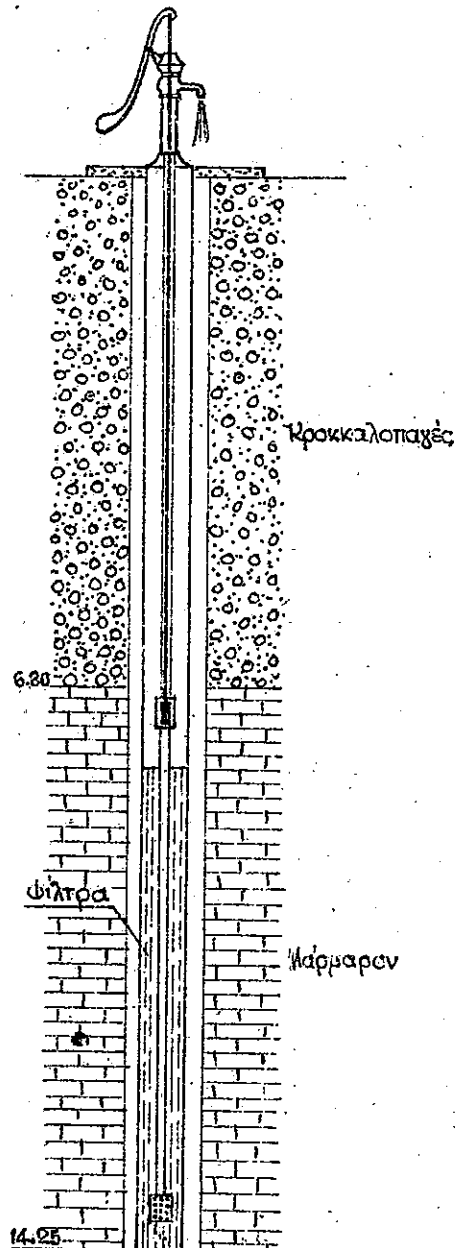
Τό παράδειγμα τουτο δίδει μίαν καλήν γεωλογικήν απεικόνισιν της άλληλουχίας των πετρωμάτων αί όέ δύο τομαί δίδουν τά βάθη και τά είδη των έδαφών εις ά εύρέθησαν αί υπό πίεσιν ύδροφόροι όρίζοντες και την άλληλουχίαν των πετρωμάτων.

Είς τό σχήμα 214 δίδονται τομαί άρτεσιανών τινων εκτελεσθέντων έν Ελλάδα διá κρούετικών γεωτρυπάνων.



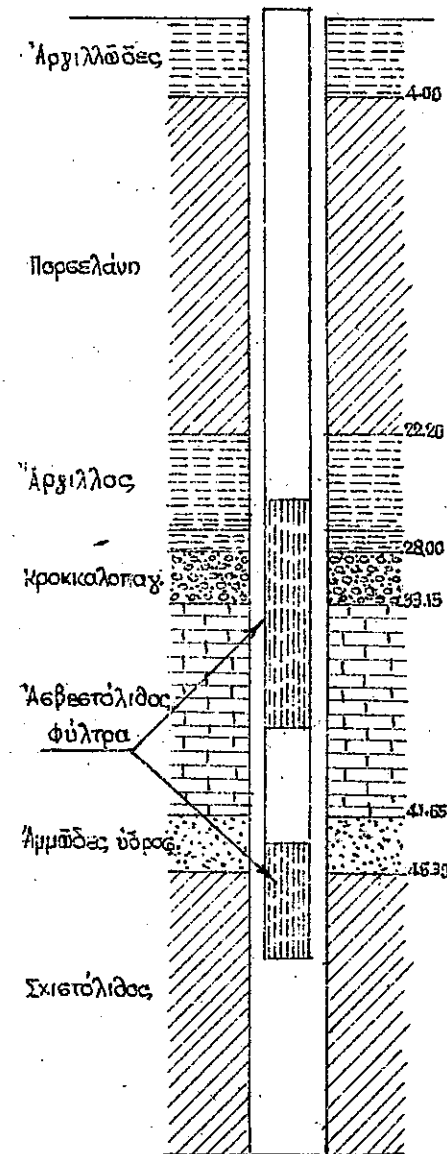
Σχ. 213. Γεωλογική τομή από Β εις Ν της Δυτικής Ρωσίας και τομαί των ύδροφόρων όριζόντων εις Λένινγκραντ και Μόσχαν.

Γεώτρησης εις Αγ. Κυριακήν
καιν. Τρικερων Νομού Μαγνησίας.



κλίμαξ 1:100.

Γεώτρησης εις Ράλυμνον
Δωδεκανήσου

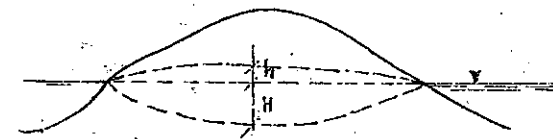


κλίμαξ 1:400

Σκ. 214.

6. Γλυκεία ύδατα θινών.

Εις υδροφόρους ορίζοντας πλησίον των θαλασσών παρατηρείται



Σκ. 216. Υδροφόρος ορίζων εις
παρακτίους θίνας.

ὅτι τὰ γλυκὰ ὕδατα φθάνουν εἰς
βάθος καμνηότερον ἀπὸ τὴν ἐπιθι-
μὴν τῆς θαλάσσης (βλ. σκ. 216).

Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται:
Baden-Ghyber ἢ Herzberg
ἀπὸ τούτων κατὰ πρῶτον παρατη-
ρήσαντας αὐτὸ ἐπιστημόνας καὶ

ἐξηγεῖται ἐκ τοῦ διαφορετικοῦ εἰδικοῦ βάρους τοῦ γλυκοῦ καὶ θαλασίου
ὕδατος, οὕτω (βλ. σχῆμα):

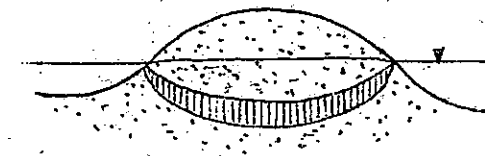
$$(h+H) \gamma = H \gamma_1$$

$$h = \frac{\gamma_1 H - \gamma H}{\gamma} = H \cdot \frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma} \quad \gamma_1 = 1,026$$

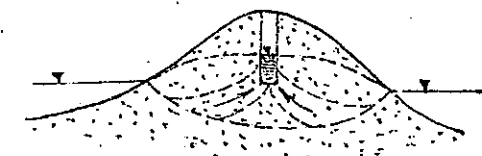
$$H = 37h.$$

Ἡ ἐξίσωσις ἰσχύει ἐφ' ὅσον τὰ ὕδατα ἔχουν τὴν αὐτὴν συνεκτικότητα.

Οὐσιαστικῶς σχηματίζεται μίᾳ ζώνῃ διαχύσεως μεταξὺ τῶν δύο
ὕδατων ἥτις δύναται νὰ κυμαίνεται μεταξὺ 20 καὶ 50 μέτρων. Διὰ συνε-



Σκ. 217. Ζώνη διαχύσεως

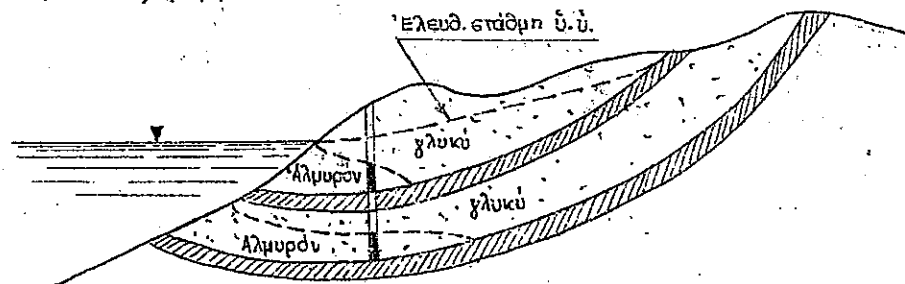


Σκ. 218.

χοῦς ἀντλήσεως προκαλεῖται διαπέρασις τῶν στρωμάτων τῶν γλυκῶν ὕ-
δατων καὶ ἐνδέχεται διὰ σχηματισμοῦ τοῦ κώνου ἀντλήσεως νὰ ἀξιοθῇ
ἡ διαχύσις καὶ νὰ ἀλατοποιηθῇ τὸ ὕδωρ τοῦ φρενός (σκ. 218).

Εἰς αἰκίας μὲ ἐναλαεσόμενα διαπερατὰ καὶ ἀδιαπερατὰ πετρώμα-

τα. ἡ ἐπιφάνεια τῶν γλυκέων καὶ ἀλμυρῶν ὑδάτων λαμβάνει πῖν ἐν τῷ σχήματι 219 μορφήν.

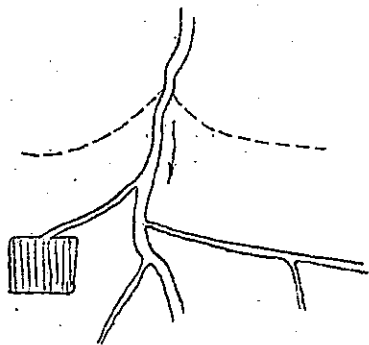


Σχ. 219. Διαμόρφωσις ἐπιφανείας γλυκέος καὶ ἀλμυροῦ ὕδατος εἰς ἐναλασσόμενα πετρώματα.

7. Τεχνικοὶ ὑπόγειοι ὀρίζοντες.

Τὴν τεχνητὴν ἐναποθήκευσιν τῶν ἐπιφανειακῶν ὑδάτων τῶν ρυμμάτων ἐντός φυσικῶν κοιλωμάτων διὰ τῆς δημιουργίας τεχνητῶν ἐπιφανειακῶν λίμνῶν — μέσφ φραγμάτων — διὰ τὴν ἐξίεσιν τῶν ἀπορραῶν, ἠκολούθησεν πολὺ βραδύτερον ἢ ἀποθήκευσις τῶν ἐπιφανειακῶν ὑδάτων ἐν τῷ τοῦ ἔδαφους δι' ἐμπλουτισμοῦ τῶν ὑπογείων ὑδροφόρων ὀριζόντων αὐτοῦ.

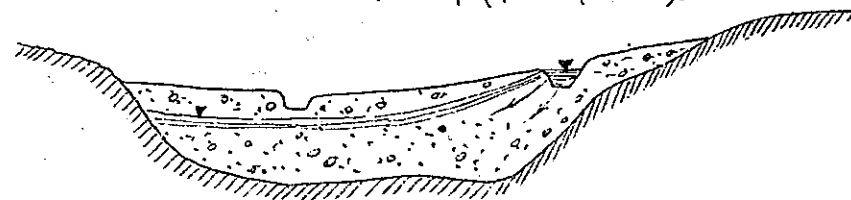
Τὴν ἀπλουτέραν μορφήν ἐμπλουτισμοῦ τῶν ὑπογείων ὑδροφόρων ὀριζόντων ἀποτελεῖ ἡ μέθοδος τῆς διαπορᾶς (βλ. σχήμα 220) τῶν ἐπιφανειακῶν ὑδάτων ἐπὶ τοῦ ἔδαφους.



Σχ. 220. Διαπορὰ ἐπὶ τοῦ ἔδαφους.

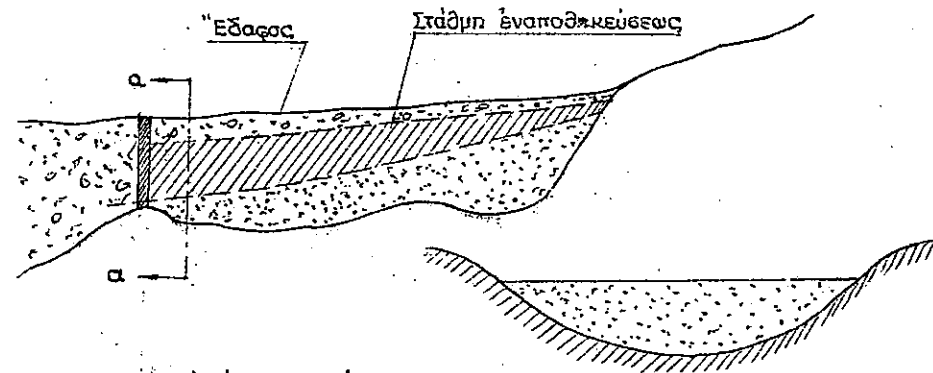
Ἐτέραν μέθοδον ἐμπλουτισμοῦ ἀποτελεῖ ἡ διὰ τῆς παρακαμπτηρίου τᾶφρου δι' ἧς τὰ ἐπιφανειακά ὕδατα συλλαμβανόμενα εἰς στένωμα τι τοῦ ποταμοῦ παρακάμπτονται διὰ τᾶφρου μέ μικροτέραν κλίειν τοῦ ποταμοῦ εἰς ὑψηλὸν σημεῖον τῶν ἐναποθέσεων τῆς

πεδιαίδος καὶ ἀφίνονται νὰ διηθῶνται εἰς τὰς προσκώσεις τῆς πεδιαίδος ἐμπλουτίζοντα αὐτὰς εἰς ὕδωρ (βλ. σχήμα 221).



Σχ. 221. Ἐμπλουτισμός διὰ παρακαμπτηρίου τᾶφρου.

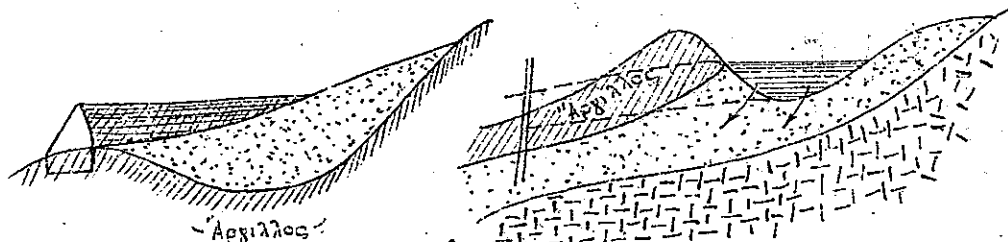
Εἰς περίπτωσιν καθ' ἣν προσφέρεται ἡ μορφολογία τοῦ ὑπεδάφους κατασκευάζονται καὶ ὑπόγεια φράγματα δημιουργοῦντα τεχνητὴν ὑπεδάφειον λίμνην εἰς ἣν ἐναποθηκεύονται τὰ ἐπιφανειακά ὕδατα μεταβαλλόμενα εἰς ὑπόγεια τοιαῦτα διὰ τὴν μελλοντικὴν χρῆσιμοποίησιν (βλ. εἰς σχήμα 222 κατασκευὴν ὑπογείου φράγματος καὶ 223 τομὴν τοῦ ὑπεδάφους). Τὰ ὑπόγεια φράγματα ταῦτα συνήθως πλεονεκτῶσιν οἰκονομικῶς ἀπὸ τὰ ὑπεργεια συνήθη φράγματα.



Σχ. 222. Ὑπόγειον φράγμα.

Σχ. 223. Τομή α-α

Ὁ ἐμπλουτισμός τῶν ὑπογείων ὀριζόντων δύναται νὰ γίνη καὶ δι' ἐπιφανειακῶν φραγμάτων δημιουργοῦντων ἐπιφανειακὰς λίμνας ὧν ὁ κύριος ὁμως πρῶτος σκοπὸς εἶναι ἡ βοήθεια διεισδύσεως τῶν ἐπιφανειακῶν ὑδάτων ἐντός τοῦ ἔδαφους (βλ. σχ. 224 καὶ 225).



Σχ. 224. Ἐμπλουτισμός ὑδροφόρων ὀριζόντων.

Σχ. 225. Ἐμπλουτισμός ἀρτεσιανῶν ὀριζόντων.

Τέλος προσφάτως ὁ ἔμπλουτισμός τῶν ὑπογείων ὑδροφόρων ὀριζόντων γίνεται καὶ διὰ φρεσὶν γεωτρήσεως ἐντὸς διαπερατῶν πετρωμάτων. Οὕτω εἰς τὴν νοτίαν περιοχὴν τοῦ Los Angeles τὰ καθαριζόμενα **λύματα** τῶν ὑπονόμων διαχεύονται διὰ γεωτρήσεων ἐντὸς τοῦ ὑπεδάφους, ἐκείθεν δὲ ἀντλῶνται χρησιμοποιούμενα ὑπὸ βιομηχανιών. (Ἡ ὑδρεὺς τῆς πόλεως λαμβάνει καὶ ἀπὸ τοῦ ἐιδικοῦ δικτύου τοῦ καθαριζομένου ὕδατος τοῦ ποταμοῦ Colorado).

Ἡ ὑπόγειος ἐναποθήκευσις χρησιμοποιοῦμένη ὅλῃς εὐρύτερον ὅπου αἱ γεωλογικαὶ συνθήκαι ἐπιτρέπουν τοῦτο ἔχει τὸ πλεονέκτημα τῆς διαυγείας τοῦ ὕδατος, τῆς τηρήσεως χαμηλῆς θερμοκρασίας αὐτοῦ καὶ τῆς δημιουργίας ἐνίοτε μεγάλων κῶρων ἐναποθέσεως αὐτοῦ.

Ἐξέτασις τῶν ἐδάφων καὶ ἀπὸ χημικῆς πλευρᾶς ἐπιβάλλεται ἐξ ἄλλου, ὡς δὲν ὅτι ἐδάφη δύναται νὰ προσδώσουν εἰς τὸ ὕδωρ δεβεστούχους προσμίξεις καθιστῶσας αὐτὸ ἐκλεκτὸν ἢ χλωρὸν ἢ βόρον ἀμφοτέρων τούτων καθιστῶντων τὰ ὕδατα ἀκατάλληλα πρὸς ἄρδυσιν πέραν ὥριμνης περιεκτικότητος.

Ἀπὸ τῆς ποσοτικῆς πλευρᾶς τῶν τεκνητῶν ὑπογείων ὀριζόντων ἢτοι πρὸς προσδιορισμὸν τῆς **φορτίσεως** ἢ ἐπαναπληρώσεως τῶν ὑπογείων ὕδατων γίνονται πειράματα περὶ τῆς χωρητικότητος καὶ τῆς διεισδύσεως τῶν ἐδάφων.

Οὕτω εἰς τὴν πεδιάδα τοῦ ποταμοῦ San Joaquin τῆς Καλι-

φορνίας διὰ συνεχῶν πειραμάτων ὑπελογίσθη ὁ συντελεστὴς διεισδύσεως καὶ εὐρέθη ὡς ἀκολουθεῖ:

Εἶδος ἐδάφους.	Συντελεστὴς διεισδύσεως	
	Βάθος εἰς χιλιοστὰ ἡμερησίως	Λίτρος ἀνὰ ὄλον ἀνὰ μ ² ὑγρᾶς περομέτρου.
Διάρυχες καὶ τάφροι εἰς προσφάτους κῶνους ἐναποθέσεως.....	390	0,000395
Φυσικὰ ρεύματα καὶ κοιλάματα...	1020	0,001054
Κοίται ρευμάτων μὲ ἄμμον.....	—	0,001054—0,0013175
Ἐπιφανεῖαι διασπορᾶς εἰς ἱλύσας μὴδὲν ἐδάφη ἀλουβιακῶν δέλτα....	600—900	—

Τοιοῦτατρόπως εἰς τέσσαρας ὑδρολογικὰς ὑπολειπόμενας τῆς περισχῆς ἢ ποσότης τοῦ πρὸς ἀποθήκευσιν ὕδατος διὰ βάθος ἀπὸ 3,0 μ. κάτωθεν τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους μέχρι τοῦ ὑπολογισθέντος βάθους ἐξ οὗ ἦτο δυνατόν ἢ ἀντλήσει, ἢ πρὸς ἀποθήκευσιν ἐντὸς τοῦ ὑπεδάφους ποσότης ὑπελογίσθη εἰς 21594 ἑκατομμύρια κυβ. μέτρα ἐπὶ ὀριζοντίας ἐκτάσεως 8604 τετραχ. χιλιομέτρων ἢτοι περίπου 2,5 κ.μ./τετρ.μ.

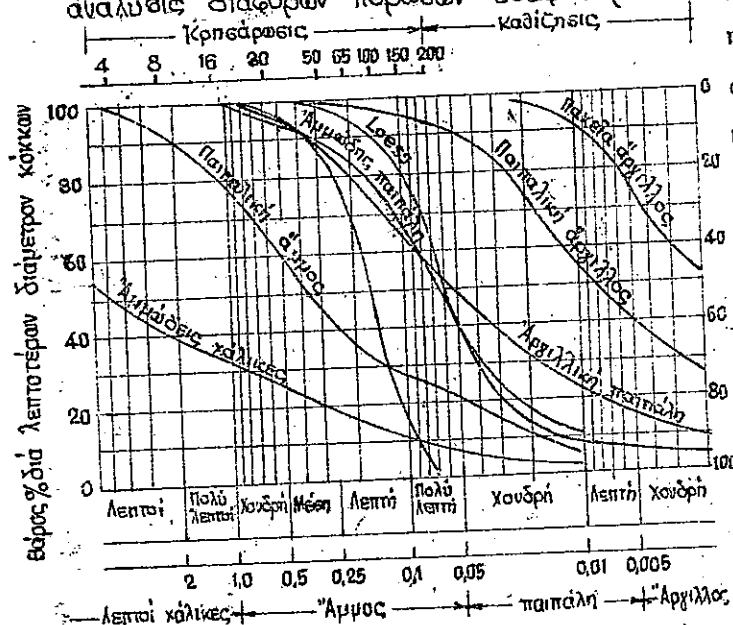
Εἰς τὰς ἐν λόγω ἐκτάσεις τὸ ποσοστὸν τῶν ἀποδοτικῶν κενῶν (βλ. ἀνωτέρω: εἰδικὴ ἀπορροή) προσδιορίσθη εἰς 15% διὰ τὰς ἀλουβιακὰς ἐναποθέσεις, 10% διὰ τὰς ἀρχιλοαμμώδεις ἐκτάσεις καὶ 12,5% διὰ τὰς ἐνδιαμέσους ἐπιφανείας.

Γ. Ροή και μέτρησις τῶν ὑπογείων ὑδάτων.

1. Μηχανικὴ ἀνάλυσις τῶν πορωδῶν ἐδαφῶν.

Τὰ ψαθυρά (πλαστικά ἐδάφη) ἅτινα εὐχκύνονται ἐκ διαφόρου διαμέτρου κόκκων, ἀναλύονται διὰ κρησαρώσεως, διὰ σειρᾶς εἰστρον γνωστοῦ ἀνοίγματος ἐκάστου, καὶ ἀνάχονται εἰς διάγραμμα μὲ τετμημένην τὴν διάμετρον ἣτις διέρχεται δι' ἐκάστου εἰστρον καὶ τεταγμένην τὸ ποσοστιαῖον βάρος (αἱ πρὸς τὸ ὅλον βάρος τοῦ δείγματος) ὅλων τῶν διαμέτρων μικροτέρων ἢ ἴσων πρὸς τὴν ὑπ' ὅψιν τοῦ εἰστρον διάμετρον.

Εἰς τὸ σχῆμα 226 (βλ. Φραγμ. σελίς 254 ex. 180) ἐμφαίνεται ἀνάλυσις διαφόρων πορωδῶν ἐδαφῶν. (Διὰ διαμέτρους πολὺ μικράς



Σχ. 226. Μηχανικὴ ἀνάλυσις τοῦ ἐδά-

φους.

τότητα καὶ δὲν ἐνδιαφέρει τὴν ὑδρολογίαν. βλ. μαθήματα "Φραγμάτων",

Ἐκ τοῦ διαγράμματος αὐτοῦ δύναμεθα νὰ κρίνωμεν ἀμέσως

ἐντὸς ποίων ὀρίων διαμέτρων κυμαίνονται οἱ ἀποτελοῦντες τὸ δείγμα τοῦ ἐδάφους κόκκοι, ἐπὶ πλέον δὲ καὶ περὶ τῆς ὁμοιομορφίας τῆς συνθέσεως τῶν κόκκων. Διάγραμμα μὲ ἀπότομον τὴν κλίειν τοῦ κυρίου κλάδου (μέγα ποσοστὸν τοῦ βάρους κυμαίνεται ἐντὸς στενῶν ὀρίων διαμέτρου κόκκων, καμπύλη γ) παριστᾷ δῆγμα ἐδάφους μὲ μεγάλην ὁμοιομορφίαν, ἐνῶ διάγραμμα μὲ μικράν κλίειν τῆς καμπύλης παριστᾷ ἔδαφος μὲ μεγάλην ἀνομοιομορφίαν (καμπύλη α). Ἐκ τοῦ διαγράμματος τῆς κοκκομετρικῆς συνθέσεως διὰ τὸν χαρακτηρισμὸν τοῦ πορώδους τοῦ ἐδάφους λαμβάνονται συνήθως ἡ διάμετρος d_{10} (ἥτοι ἡ διάμετρος ἐκείνη δι' ἣν οἱ μικρότεροι κόκκοι ἔχουν βάρος 10% τοῦ ἐδάφους) ἣτις καλεῖται καὶ β α ρ υ ν ο υ - σ α διάμετρος (effective size) καὶ ἡ διάμετρος d_{60} ἥτοι ἐκείνη δι' ἣν ὅλοι οἱ κόκκοι μικροτέρας διαμέτρου ἔχουν βάρος 60% τοῦ δείγματος.

Ὁ λόγος τῶν δύο ὡς αὐτὴ διαμέτρων $\frac{d_{60}}{d_{10}}$, καλεῖται συντελεστὴς ἀνομοιομορφίας (I.O. Uniformity coefficient, u.c.) καὶ ἀποτελεῖ ἓνα ἱκανοποιητικὸν μέτρον τῆς κατὰ μέγεθος διανομῆς τῶν κόκκων τοῦ ἐδάφους.

Εἶναι προφανές ἐκ τοῦ σχήματος 226 ὅτι τὸ δείγμα ἐδάφους τῆς καμπύλης α ἔχει συντελεστὴν ἀνομοιομορφίας μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ δείγμα β ὅπερ πάλιν ἔχει συντελεστὴν ἀνομοιομορφίας μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ γ. Ἄρα τὸ δείγμα τῆς καμπύλης γ παριστᾷ ἔδαφος μικροτέρας ἀνομοιομορφίας ἢτοι εἶναι τὸ πλέον ὁμοιομόρφον.*

* Ἡ ἀγγλοσαξωνικὴ ὀρολογία διὰ τῆς φράσεως: τοῦ "συντελεστοῦ ὁμοιομορφίας" (uniformity coefficient) κορίζομεν δὲν ἀποδίδει τὴν φυσικὴν ἔννοιαν, μὲ ἀριθμητικὴν τάξιν, ὅτι καὶ αὐτὴν ἡ πλέον ἀνομοιομόρφος ἄμμος ἔχει συντελεστὴν $\frac{d_{60}}{d_{10}} \sim 5$ ἐνῶ ἡ πλέον ὁμοιομόρφος ἔχει συντελεστὴν 1,50· καὶ τοιαυτοτρόπως ἡ πρώτη θὰ ἔκῃ συντελεστὴν ὁμοιομορφίας 5 πολὺ μεγαλύτερον τῆς δευτέρας ἢτοι ἔχει 1,5, ἐνῶ εἶναι πλέον ἀνομοιομόρφος. Ἀναγκάζεται τοιούτην ὁ μηχανικὸς νὰ ἐκέπτεται ἀντιθέτως πρὸς τὰ καθιερωμένα.

2. Ταχύτης των υπογείων υδάτων και απώλειαι τριβών.

Ἡ ροή των υπογείων υδάτων δύναται να παραλληλιεθῇ πρὸς τὴν ροὴν τοῦ ὕδατος ἐντὸς σωλήνων, ἐνθα σωλήνας ἐνταῦθα ἀποτελοῦν οἱ κατὰ τὰς τρεῖς διευθύνσεις τοῦ χρόνου τεθλασμένοι συνεχεῖς ἀγχοῖ οἱ ἐκρηπίζοντο ἀπὸ τὰ συνεχῇ ἀνισομορφοῦς κενὰ των πόρων τοῦ ἑδάφους.

Ἡ ροή αὕτη διὰ τὸ πλείστον των ἑδάφων εἶναι στρωτὴ μόνον δὲ εἰς περίπτωσιν μεγάλων διαμέτρων ὑλικῶν (χαλίκες π.χ.) εἶναι **στροβιλοειδής**.

Συνήθως ὡς ταχύτης τοῦ ἑδάφους λαμβάνεται τὸ πηλίκον τῆς παροχῆς (q) τῆς διερχομένης διὰ τῆς μονάδος ἐπιφανείας (τετρ.μ.) καδέτου πρὸς τὴν ροὴν ἥτοι.

$$U_g = \frac{Q}{F} = m/sec$$

Εἶναι προφανές ὅτι ἡ ταχύτης αὕτη δὲν εἶναι ἡ πραγματικὴ ἀλλὰ πολὺ μικρότερα ταύτης καὶ εἶναι ἡ **φαινομενικὴ** ταχύτης, ἥτις ἐνίοτε καλεῖται καὶ ταχύτης **δι' ὑδλιετηρίου**, καθότι λαμβάνεται ὡς βᾶσις διὰ τὸν ὑπολογισμὸν ταχύτητος τοῦ ὕδατος εἰς τὰ διυλιστήρια.

Διὰ νὰ προσδιοριεθῇ ἡ ἀληθὴς ταχύτης λαμβάνεται ὑπ' ὅσιν τὸ πορῶδες τοῦ ἑδάφους καὶ διαιρεῖται ἡ παροχή (q) τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας διὰ τοῦ ποσοστοῦ τοῦ πορώδους (p%) ὅποτε δὲ προκύπτει ἡ ταχύτης:

$$U_v = \frac{Q}{F \times p} = \frac{q}{p}$$

ὅπου διὰ πορώδες 20% ἡ U_v δὲ εἶναι $q : 0,25 = 4 U_g$ ἥτοι δὲ εἶναι τετραπλασία τῆς φαινομενικῆς.

Ὡς ἤδη ὅμως ἐξετέθη ἀνωτέρω (βλ. καὶ ἐκῆμο 178) τὸ ὕδωρ

πληροῖ μὲν τὰ κενὰ τοῦ ἑδάφους, ἀλλὰ δὲν κυκλοφορεῖ εἰς ὅλον τὸν ὅγκον αὐτῶν ἀλλ' εἰς τμήμα αὐτοῦ, τοῦ ὑπολοίπου τμήματος καταλαμβάνομένου ὑπὸ **ετασίμου ὕδατος**.

Τοιοιουτρόπως καὶ ἡ ἀνωτέρω ταχύτης εἶναι **ὑποθετική** ἢ δὲ **πραγματική** ταχύτης U_p δὲ εἶναι εἰς μεγαλυτέρα καὶ δὲ ἰσοῦται μὲ τὴν παροχὴν διαιρουμένην διὰ τοῦ πραγματικῶς **διαρροομένου** ποσοστοῦ τοῦ πόρων, ὅπου ἔχομεν:

$$U_g \ll U_v < U_p$$

Συνήθως εἰς τὴν πράξιν ὡς ταχύτης των υπογείων υδάτων θεωρεῖται ἡ **φαινομενικὴ** ταχύτης (διυλιστηρίου). Περαιτέρω δὲ καλεῖται αὕτη U (ὡς συνήθως) δέον ὅμως νὰ ἔχωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι αὕτη δὲν εἶναι οὔτε ἡ πραγματικὴ, οὔτε καὶ ἡ ὑποθετικὴ.

Ἡ φαινομενικὴ ταχύτης συνήθως διδεται, διὰ τοῦ τύπου των υπογείων υδάτων τοῦ Darcy

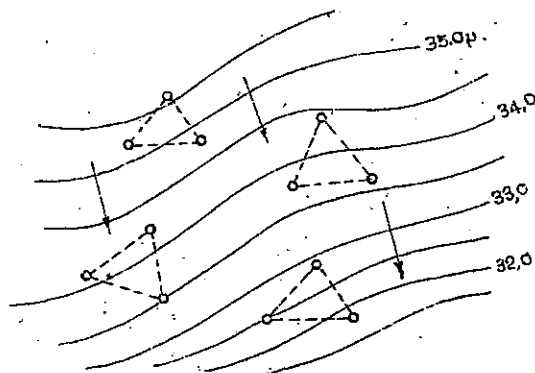
$$U = K \cdot J$$

ἐνθα K συντελεστής, περιλαμβάνων τὴν διαμέτρον, τὸ ἐκῆμο α καὶ τὴν ἀνομοιομορφοῦς των κόκκων, τὸ πορῶδες τοῦ ἑδάφους, τὴν θερμοκρασίαν καὶ ὅτι ἄλλο δύναται εἶναι νὰ ἐπιδράσῃ εἰς τὴν ταχύτητα των υπογείων υδάτων, καὶ J ἡ ὑδραυλικὴ κλίσις ροῆς κατὰ τὴν κατεύθυνσιν τῆς κινήσεως ἥτοι ἡ εἰς μονάδα μήκους μεγίστη πτώσις τῆς ἐτάθμης τῆς πιεζομετρικῆς γραμμῆς.

Ὡς ἐμφαίνεται καὶ ἐκ τοῦ ἀνωτέρου τύπου: ἡ ροή εἶναι στρωτὴ ἐφ' ὅσον ἡ κλίσις εἶναι ἀνάλογος τοῦ U , ἐνῶ εἰς τὴν στροβιλωδῇ ροῇ $J = f(v^2)$.

Ὁ προσδιορισμὸς τῆς κλίσεως τῆς πιεζομετρικῆς γραμμῆς εἶναι συνήθως ἀπλοῦς ἐπιτελεῖται δὲ εἰς τὸ πεδίου ροῆς δι' ὅσον

Εξας, φρεάτων και μετρήσεων εντός αυτών της στάθμης του υποχειρίου ορίζοντος. Επί τη βάσει των υψομέτρων τούτων χαράσσονται αι **ισοσταθμικαί** καμπύλαι (βλ. εχ. 227). Εκ των



Σχ. 227. Ισοσταθμικαί καμπύλαι υπογείων υδάτων.

καμπύλων τούτων προκύπτει άμέσως ή κατεύθυνσις ροής των υπογείων υδάτων (κατά την μέγιστη κλίσειν) και τό μέγεθος της κλίσεως.

Ο προσδιορισμός του συντελεστού Κ όμως είναι άρκούντως δυσχερές.

Πρός υπολογισμόν αυτού, κατόπιν πλήθους πει-

ραμάτων εδόθησαν διάφοροι τύποι, αποδιδόμενοι κατωτέρω εν συντομία.

Ο Allen Hazen, δίδει τον τύπον:

$$K = 116 (0.7 + 0.03 \cdot t^{\circ}) d^2$$

ένθα τό Κ εις εκ/δόν., t° ή θερμοκρασία εις βαθμούς Κελσίου και d , εις εκατοστά, ή βαρύνουσα διάμετρος των κόκκων (d_{10}). Ο τύπος, ούτος ίσχύει βεβαίως διά τον τύπον της άμμου τον χρησιμοποιηθέντα διά τα πειράματα (Μαδαχουσέτη) είναι όμως και ο τύπος, ό συνηθέτερον χρησιμοποιούμενος διά τα διυλιστήρια.

Διά πλέον χονδρόκοκκον άμμον ό Kresnik δίδει τον τύπον

$$K = K_{10} \left(1 + 0.0745 (t - 10) \sqrt{d_B} \right) \text{ εκ/δόν.}$$

ένθα K_{10} ό συντελεστής διαπερατότητας διά 10° Κελσίου.

Ο c.s. Slichter, είσάγων τό πορώδες του έδάφους δίδει τον

τύπον

$$K_{10} = a \cdot d_B$$

ένθα τό α δίδεται συαρτήσει του πορώδους p ως εξής:

$$p = 0.26 \quad 0.28 \quad 0.30 \quad 0.32 \quad 0.34 \quad 0.36 \quad 0.40 \quad 0.44 \quad 0.47$$

$$\alpha = 90 \quad 120 \quad 150 \quad 190 \quad 230 \quad 290 \quad 370 \quad 520 \quad 680$$

Ο Kozeny, και άρχότερον οι Fair και Hatch, δίδουν τον τύπον, δι' όμοιογενές τεχνικόν υλικόν (σταθερόν d).

$$K = \frac{g}{\beta} \frac{\rho}{\eta} \frac{p^3}{(1-p)^2} \frac{d^2}{S^2}$$

ένθα: g ή έπιτάκυνσις της βαρύτητας
β σταθερά

ρ ή πυκνότης του υγρού ($\gamma = g$)

η τό ίξωδες (συνεκτικότης) του υγρού

p τό ποσοτόν του πορώδους

S συντελεστής σχήματος των κόκκων

d ή διάμετρος των κόκκων.

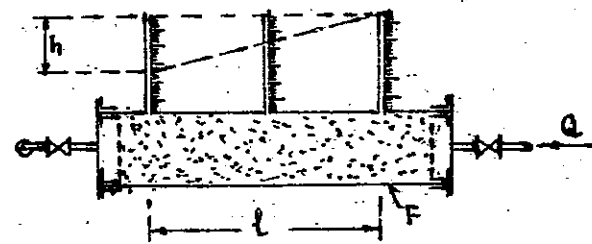
Διά άνομοισμόρους κόκκους οι Fair και Hatch δίδουν τον

τύπον:

$$\frac{g}{\beta} \frac{\rho}{\eta} \frac{p^3}{(1-p)^2 S^2} \frac{1}{\left(\int_{P=0}^{P=1} \frac{dP}{d} \right)^2}$$

ένθα P είναι τό ποσοτόν του βάρους των κόκκων των μικρότερων ή ίσων προς d, ως προς τό όλον βάρος του δείγματος της άμμου. Το ολοκλήρωμα τούτο λαμβάνεται γραφικώς εκ της καμπύλης ανάλυσεως της άμμου (βλ. εχ. 228).

Ο συντελεστής Κ διά δεδομένον έδαφος δύναται να προσδιοριθῇ έργαστηριακώς διά της έν τῷ εχ. 228 εσκευής ένθα μετρουμένης της παροχής q και της άπωλείας $\mathcal{F} = \frac{h}{L}$ έχομεν:



Σχ. 228. Προσδιορισμός του K.

$$K = \frac{v}{i} = \frac{Q}{F \cdot i}$$

Ἡ δυσχερέσια τοῦ ἀκριβοῦς ὑπολογισμοῦ ἔγκειται εἰς τὴν μεταφοράν τοῦ δείγματος ἐκ τοῦ ἐδάφους καὶ τὴν τοποθέτησιν τοῦ αὐτοῦ ἐν τῇ συσκευῇ.

ταράκτως ἐντὸς τῆς ὥς ἄνω συσκευῆς.

Ἐν τῇ πράξει μετρηθέντες συντελεσταί τινες διαπερατότητας εἶχον ὡς ἑξῆς:

	Φ κλ.	K
λεπτή ἄμμος εἰς ὀλλανδικῶν	—	0,02
ἄμμος μέγιστη πηλοῦ	—	0,08
Ποταμιά ἄμμος	0,1 — 0,3	0,25
" "	0,1 — 0,8	0,88
ἄμμος διυλήσεως	—	0,77
λεπτά χαλίκια	2,0 — 4,0	3,00
μέσα "	4,0 — 4,7	3,51

Κατὰ τὸν Schocklitsch μετρηθεῖσαι ταχύτητες εἰς διαφόρους ὑπογείους ὑδροφόρους ὁρίζοντας εἶχον ὡς ἀκόλουθως (μ/ἡμέραν)

Gothenburg.....0,5	Fürth (Bavaria) 1,5	East Meadow.....0,80
Brooklyn.....0,33	Mannheim.....1,2-1,6	Καλαμπά.....9,9
Long Island...0,6-2,88	Ρήνος.....3,0-7,8	Merrick.....0,95
Arkansas.....2,2-6,9	Κιέλον.....4,7	Mohave.....29-15,9
Mannhof (Λειψία)...2,3	Ἀριζόνα.....120,0	Harlem.....0,011-0,015
		(λεπτή ἄμμος)

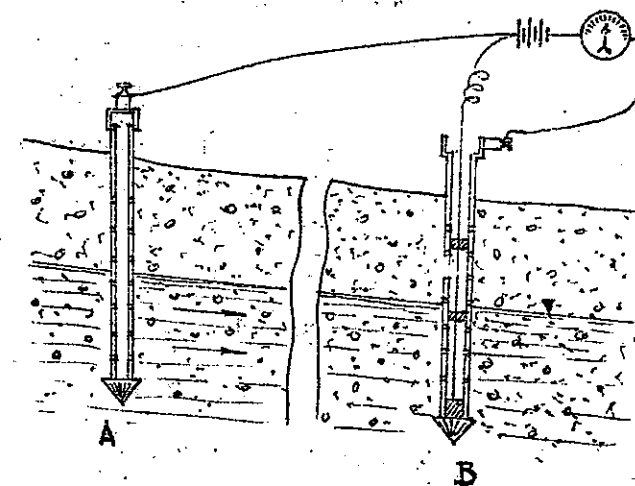
3. Ἐκτίμησεις τῆς παροχῆς τῶν ὑπογείων ὑδάτων.

Εἰς περίπτωσιν κατὰ τὴν λόγῳ ὑφισταμένην κλίσεως τοῦ ἐδάφους εἶναι δυνατὴ ἡ ἐνὶ ἡμέρᾳ τοῦ ὑπογείου ὑδάτος, ἐπὶ γνωστοῦ μήκους καὶ ἐκροῇ αὐτοῦ διὰ βαρύτητος εἶναι δυνατὴ πλῆξιν ἢ μέτρησιν αὐτοῦ διὰ τῶν γνωστῶν ἤδη μεθόδων (κεφάλαιον IV, § B). Ὅπου τοῦτο δὲν εἶναι δυνατόν μετρεῖται ἡ ταχύτης ἢ ὁ συντελεστὴς διαπερατότητας K.

3.1. Ἡ μέτρησις τῆς ταχύτητος τῶν ὑπογείων ὑδάτων γίνεται διὰ προσδιορίσεως χρώματος ἢ ἁλατος εἰς ἓν φρεῖον ἐντὸς αὐτῶν καὶ τῆς μετρήσεως τοῦ απαιτούμενου χρόνου ἵνα τὸ χρῶμα ἢ τὸ ἅλας ἐμφανισθῇ εἰς ἕτερον φρεῖον κατὰ τὴν πρὸς τὴν ἑξῆς.

Εἰς τὸ δευτέρον φρεῖον τὸ ὕδωρ παρακολουθεῖται διὰ δειγμάτων συνεχῶς ἵνα προσδιορισθῇ ὁ χρόνος ἐμφανίσεως τοῦ ἁλατος ἢ τοῦ χρώματος ἐντὸς αὐτοῦ.

Ὁ Slichter δίδει ἡλεκτρικὴν μέθοδον παρακολουθήσεως τῆς πορείας τοῦ ἁλατος ἐντὸς τοῦ ἐδάφους, ἐμφαινομένην εἰς



Σχ. 229. Συσκευή Slichter.

τὸ σχῆμα 229, εἰς τὴν ἐμφανίζονται ἡ χρονικὴ ἐπιγνῶσις κατὰ τὴν διάλυσιν ἁλατος (chlorure d'ammonium) ριζοειδῶς εἰς τὸ ἐπιγεῖον A διὰ τὴν ἐπιγνῶσιν εἰς τὸ ἐπιγεῖον B.

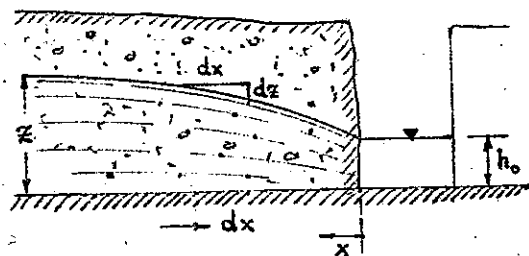
Ἡ εἰς τὴν προφανὴς αἰτία

ρα μέθοδοι μετρούν την πραγματική ταχύτητα των υποχειών υδάτων και δέον τουτο να λαμβάνεται υπό όφιν κατά την εκτίμησιν της παροχής αυτών.

3.2. Ο υπολογισμός του συντελεστού K, ως ήδη ελέχθη δύναται να γίνη αναλυτικώς διά των ανωτέρω δοθέντων τύπων, ή και έργαστηριακώς διά της συσκευής του σχήματος 228. Η καλλίτερα όμως μέθοδος προσδιορισμού αυτού είναι ή διά του άπ ευθείας προσδιορισμού αυτού εντός του εδάφους. Ταιουτρόπως απόφύγουμεν την διατάραξιν του δείγματος άφ ενός ένω έξ άλλου περιλαμβάνομεν εις τον προσδιορισμόν αυτού όλας τας πιθανάς φυσικάς ανωμαλίας εντός του εδάφους, όπερ έρευνώμεν (θεωρία του Thiem).

Ο συντελεστής K προσδιορίζεται ενταύθα δι' άντλήσεως.

Περίπτωσης α. Ο προσδιορισμός του K δύναται να γίνη κατ' αρχήν δι' άνεώξεως τάφρου ή συλλεκτηρίου στοάς έξκινουμένης μέχρι του άδιαπεράτου όρίζοντος, και



Σχ. 230.- Σπράγγις διά τάφρου

έξ ής άντλείται τό ύδωρ δι' άντλίας γνωστής παροχής Q. Κατά την άντλησιν ή επιθμη του ύδροφόρου όρίζοντος κατέρχεται έκ του βάθους z εις τό h₀ (σχ. 230). Δοθέντος ότι:

$$u = k \cdot z \quad \text{και} \quad q = z \cdot k \cdot z \quad \text{επει} \quad z = \frac{\partial z}{\partial x}$$

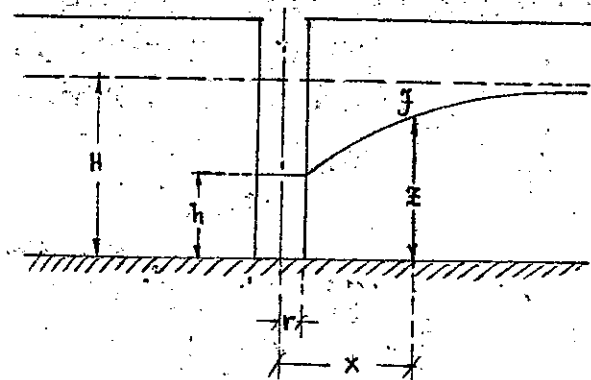
έχομεν:

$$q = z \cdot k \frac{dz}{dx} = \frac{k}{2} \cdot \frac{dz^2}{dx} \quad \text{ήτοι}$$

$$\frac{2q}{k} x = z^2 + C \quad \text{διά } x=0 \quad z=h_0 \quad \text{άρα } z^2 - h_0^2 = \frac{2q}{k} x$$

ή εξίσωσις της καμπύλης καταπτώσεως. Έάν ήδη μετρήσωμεν τό μεγέθη q, x, z, h₀ προσδιορίζομεν τό k.

Περίπτωσης β. Ο προσδιορισμός του K δύναται να γίνη



Σχ. 231. Σπράγγις διά φρέατος μέχρι του άδιαπεράτου εδάφους

και δι' άνεώξεως φρέατος εξικνυμένου μέχρι του άδιαπεράτου στρώματος.

Τότε θα έχομεν πάλιν: (βλ. σχ. 231).

$$u = k \cdot z$$

$$u \cdot F = Q = k \cdot F \cdot z, \quad z = \frac{dz}{dx}$$

$$Q = k F z = k \frac{dz}{dx} \cdot 2\pi x z \quad \text{ήτοι ή διαφορική εξίσωσις έχει την μορφήν:}$$

$$\frac{dx}{x} = \frac{2\pi k}{Q} z dz$$

και ή ολοκλήρωσις αυτής έσται:

$$\ln x = \frac{\pi k}{Q} z^2 + C$$

Διά την όριακήν περίπτωσιν των παρειών του φρέατος θα έχομεν:

$$\ln r = \frac{\pi k}{Q} h^2 + C$$

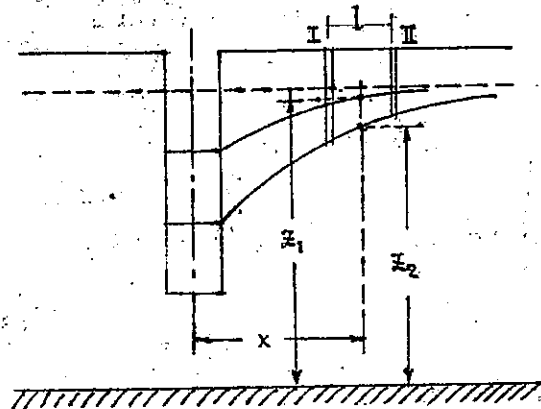
όποτε τελικώς προκύπτει ή εξίσωσις της επιφανείας του καταπίπτοντος ύδροφόρου όρίζοντος:

$$\ln \left(\frac{x}{r} \right) = \frac{\pi k}{Q} (z^2 - h^2) \quad \text{ή } Q = \pi k \frac{z^2 - h^2}{\ln \frac{x}{r}}$$

Διά μίαν άντλήσεως (Q) και άνεώξεως κατ' ήν άντλησιν των z, h, x, r προσδιορίζομεν τον συντελεστή K.

Περίπτωσης γ.

Μέτρησης παροχής φρέατος, όταν το φρέαρ δεν φθάνει το άδια-
πέραστον στρώμα. Ένταυθα ανοίχουμε δύο φρέατα παρατηρήσεων τα



I και II. Αν δεχθώμεν γραμ-
μικήν τήν καμπύλην μεταξύ
I, II.

$$z_1 = \frac{h_1}{l}$$

h_1 = διαφορά I, II (άνω καμπύλη)

h_2 = " I, II (κάτω ")

$$z_2 = \frac{h_2}{l}$$

$$v = k \cdot z = \frac{Q}{F}$$

$$z = \frac{Q}{F \cdot k}$$

$$z_1 = \frac{Q_1}{2\pi x z_1 k}$$

$$z_2 = \frac{Q_2}{2\pi x z_2 k}$$

$$z_1 = \frac{Q}{2\pi x z_1 k}$$

$$z_2 = \frac{Q_2}{2\pi x z_2 k}$$

$$z_1 - z_2 = \Delta (\text{μετρηθείσα}) = \frac{1}{2\pi x k} \left(\frac{Q_1}{z_1} - \frac{Q_2}{z_2} \right)$$

καί μετρώντας τα μέγεθη $Q_1, Q_2, z_1, z_2, x, \Delta$ προσδιορίζομεν τόν
συντελεστήν k .

$$k = \frac{1}{2\pi x \Delta} \left(\frac{Q_1}{z_1} - \frac{Q_2}{z_2} \right)$$

έντεῦθεν δύναμεθα ἀκόμη νά προσδιορίσωμεν καί τὸ βάθος τοῦ ἀ-
διαπέρατου στρώματος ἐκ τῶν ἐξισώσεων:

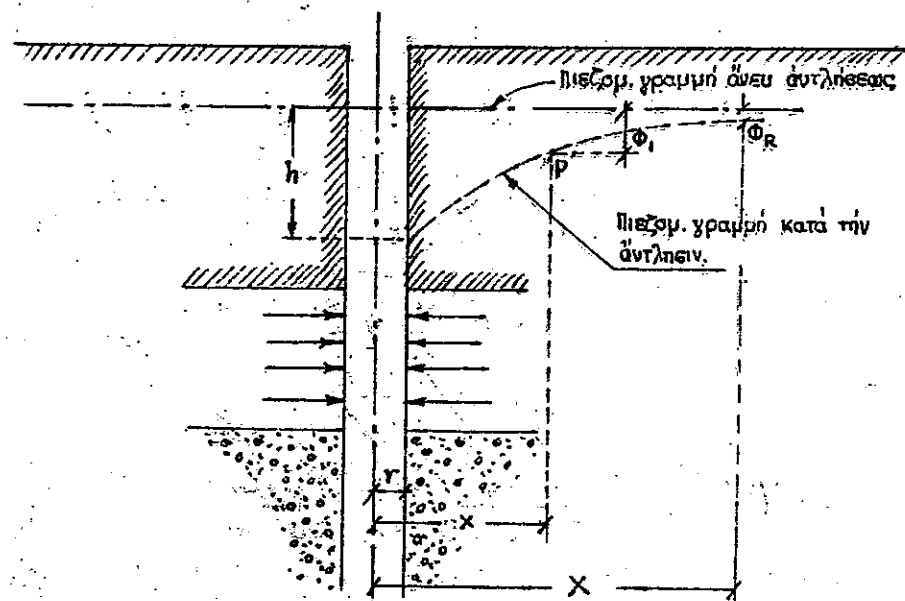
$$z_1 = \frac{Q_1}{2\pi x z_1 k} \quad \text{καί} \quad z_2 = \frac{Q_2}{2\pi x z_2 k}$$

Περίπτωσης δ.

Εἰς περίπτωσιν ἀρτεσιανῶν φρέων θά ἔχωμεν, ἐάν Φ τὸ δυναμι-
κόν πίεσεως τοῦ ὁρίζοντος:

$$v = k z = -k \frac{d\Phi}{dx}$$

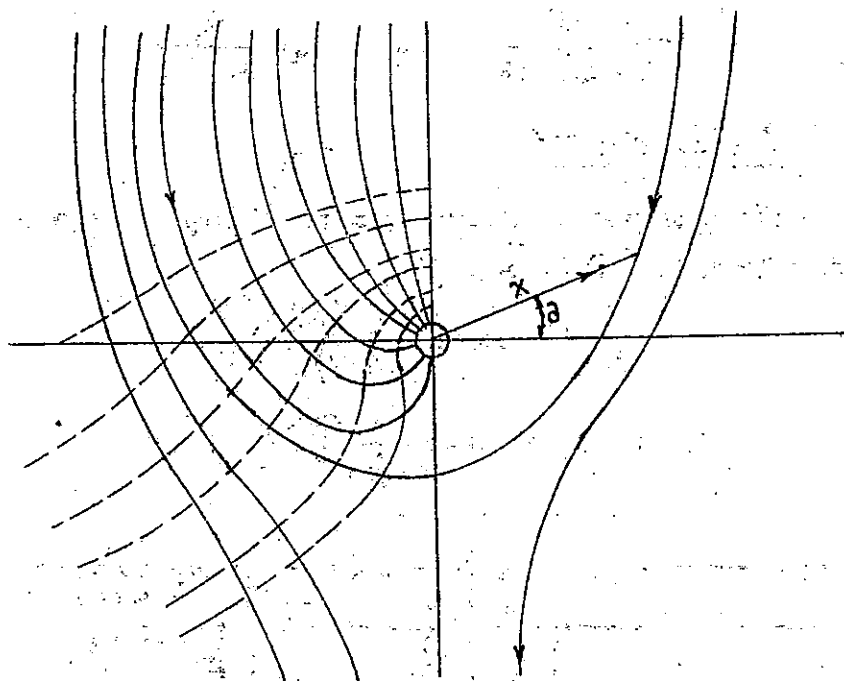
$$\Phi = h - \frac{h - \Phi_R}{\ln \frac{x}{r}} \ln \frac{x}{r}$$



τ.χ. 233. Ἀντλήσεις ἐξ ἀρτεσιανοῦ

Ἐφ' ὅσον ὁμοῦς ὑπάρχει καί κλίσις τῆς πιεζομετρικῆς γραμ-
μῆς (κατὰ μήκος τῆς ροῆς) S , τότε ἡ ροὴ λαμβάνει τὸ ἀκόλουθον
εἶδη: καί θά ἔχωμεν

$$\Phi = h - \frac{h - \Phi_R}{\ln \frac{x}{r}} \ln \frac{x}{r} - S(x-r) \eta \mu \theta$$



Σχ. 234. Γραμμάι ροής εις άρτεσιανόν κατά την άντλησιν

$$v = \frac{k}{\rho} \left(\frac{h - \phi_R}{\ln \frac{x}{r}} + S x \eta \mu \theta \right)$$

καί η παροχή

$$Q = x t \int_0^{2\pi} v d\theta = 2\pi k t \frac{h - \phi_R}{\ln \frac{x}{r}}$$

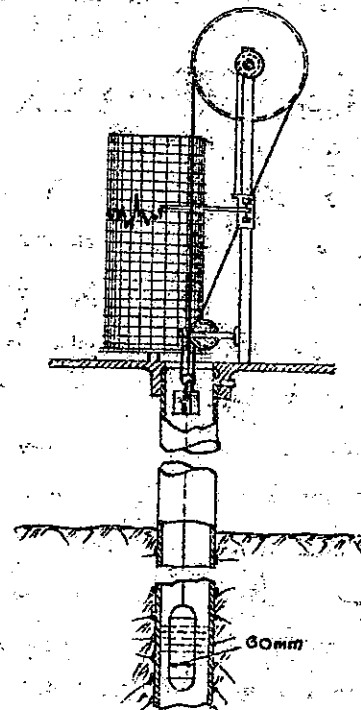
έξ ου προσδιορίζεται ο συντελεστής k μετρουμένων των Q, ϕ_R, r, x, h .

Διά των άνωτέρω μεθόδων εύρίσκεται ο συντελεστής k δια διαφόρους πτώσεις της στάθμης καί έξ αυτών δύναμεθα να προσδιορίσωμεν την παροχήν Q . Άλλά δεν γνωρίζομεν επακριβώς την μεταβολήν της στάθμης κατά την διάρκεια του έτους, ήτις είναι ανάλογος βροχής, της διηθήσεως, βαρ. πίεσεως κ.λ.π. Μόνον συνεχείς παρατηρήσεις άντλήσεως καί παρακολούθησεως στάθμης μπορούν να μās δώσουν εις διαφόρους εποχές, τά δυνατάς περαχάς.

4. Μέτρησις της στάθμης των υπογείων υδάτων.

Η μέτρησις της στάθμης εντός φρεάτων παρακολουθείται δια πλωτήρων καί μετρήσεων του βάθους εις ό ούτοι επιπλέουν.

Οί πλωτήρες ούτοι συνδέονται ενίοτε δια αυτόγραφων σταθμαμέτρων καί κοινωτρόπως παρακολουθείται η συνεχής διάτα της στάθμης του φρεάτος (βλ. σχ. 235).



Σχ. 235 Μέτρησις στάθμης φρεάτος.

Είς περίπτωσιν φρεάτος μεγάλου βάθους καί μικράς διαμέτρου καταλαμβάνομένης κατά μέγα μέρος υπό της άντλίας καί του απορροφητικού σωλήνος ή ως άνω συσκευή δεν δύναται να χρησιμοποιηθή εύκολως, όποτε χρησιμοποιούμεν την εν του σχήματι 236 διάταξιν.

Είς αυτήν σωλήν μικράς διαμέτρου τίθεται εις μεγάλο βάθος καί άφου κλεισθή η κατ' αρχήν μέ τον ατμοσφαιρικόν άέρα συγκοινωνούσα δικλείς δ, πιέζεται άήρ εντός του σωληνίσκου έως ότου η αυξανόμενη κατ' αρχήν πίεσις μείνει σταθερά (όποτε φυσαλίδες άέρος εξέρχονται του σωληνίσκου).

Η αναγκαστικώς τότε υπερπίεσις $p_1 - p_0$ εις τό μανόμετρον δίδει καθ' ακινήν προσέγγισιν τό βάθος h όπου περίπου

$$h \approx \frac{p_1 - p_0}{0,1}$$

Δ. Γεωφυσικαί Έρευναι.

Διὰ τὴν ταχυτέραν μελέτην τοῦ ὑπεδάφους καὶ τῶν ὑπογείων ὑδάτων καταφεύγουμεν συνήθως εἰς γεωφυσικὰς ἐρεῖνας, ἐξ ὧν τινες ἀναφέρονται ἐν περιλήψει κατωτέρω.

1. Ἡλεκτρο-ἐκκρηκτικὴ μέθοδος.

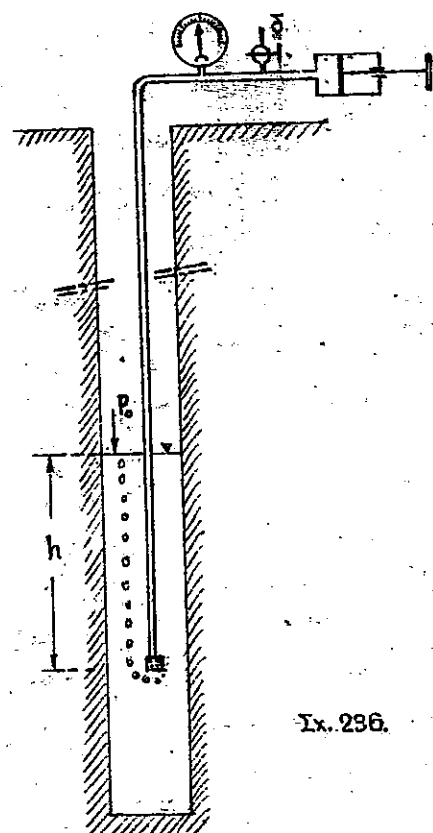
Ψαθυρά ἐδάφη μεταδίδουν τὸν ἦχον μὲ πολὺ μικροτέραν ταχύτητα ἀπὸ τὰ στερεὰ βραχώδη ἐδάφη. Ἐάν ἐπομένως σχηματίσωμεν τὴν ἀκόλουθον διὰταξιν καθ' ἣν τοποθετοῦμεν τεμάχιον δυναμίτιδος εἰς τὸ σημεῖον S εἰς ὃ μεταδίδομεν ἠλεκτρικῶς τὴν ἐκκρηξιν καὶ

μετρήσωμεν ἠλεκτρικῶς τοὺς χρόνους T_0, T_1, T_2, T_3 καθ' οὓς ἡ δόνησις τῆς ἐκκρηξέως μεταδίδεται εἰς τοὺς δείκτας D_0, D_1, D_2, D_3 σχηματίζομεν ἰδέαν τοῦ βάθους τοῦ στερεοῦ ἐδάφους εἰς τὰ ἀντίστοιχα σημεῖα τῆς ἐπιφανείας (βλ. ε.κ. 237).

2. Ἡ ἀντίστασις (resistivity) καὶ τὸ δυναμικὸν (potential) τοῦ ἐδάφους.

Ἐκ μακρῶν δοκιμῶν ἔχει παρατηρηθῆ ὅτι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἐδάφους ἐλαττοῦται ἐφ' ὅσον αὐξάνει ἡ περιεκτικότητα αὐτοῦ εἰς ὑγρασίαν.

Εἰς τὸ σχῆμα 238 οἰδεταὶ ἡ μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως διαφόρων ἐδαφῶν ἀναλόγως τῆς περιεκτικότητος αὐτῶν εἰς ὑγρασίαν.



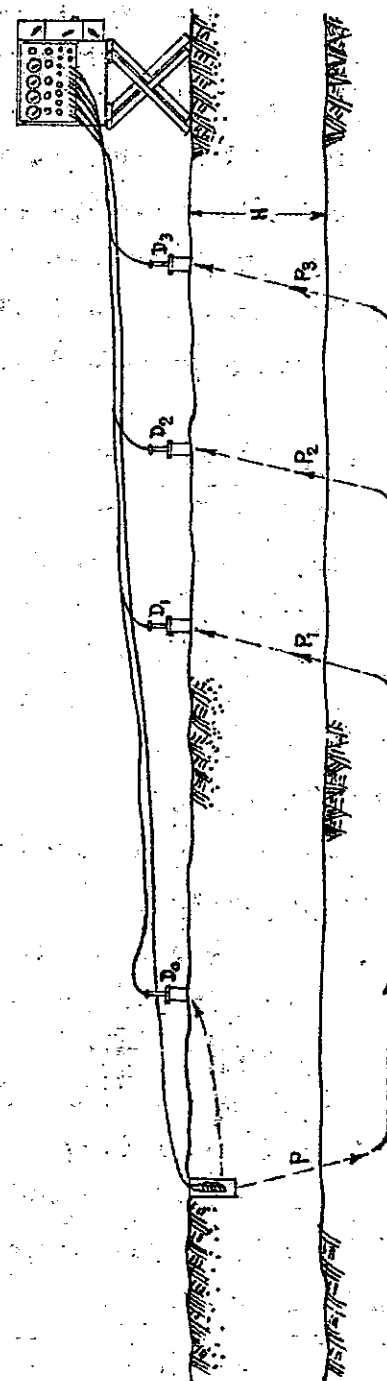
Σκ. 236.

Ἡ ἀντίστασις μετράται συνήθως διὰ τεσσάρων ἠλεκτροδίων ἔνθα τὸ μὲν ἑξωτερικὸν (εἰς τὰ ἄκρα) ζεύγος συνδέεται μέσῳ σωρευτῆς καὶ ἀμπερόμετρο (ammeter) τὸ δὲ ἑσωτερικὸν ζεύγος παραλαμβάνει τὸ ρεῦμα καὶ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ἀπὸ τὸ ἑξωτερικὸν ζεύγος μετράται διὰ βολτομέτρων (voltmeter).

Ὁ λόγος τοῦ ρεύματος καὶ τῆς τάσεως (voltage), πολλαπλασιάζόμενος ἐπὶ ἓνα συντελεστὴν ἐξαρτούμενον ἀπὸ τὰς μεταξὺ τῶν καλωδίων ἀποστάσεις οἰδεὶ τὴν φαινομενικὴν ἀντιστάσιν (resistivity).

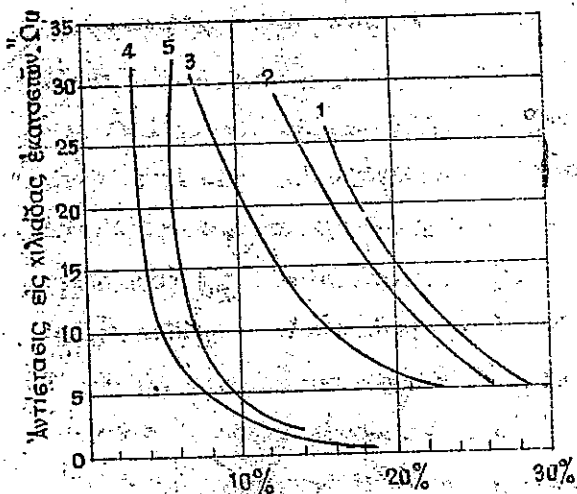
Καὶ αὐτὸν τὸν τρόπον δύνανται νὰ σχεδιασθῶσιν ἄρκεταί τομαὶ τοῦ ὑπεδάφους καὶ νὰ προσδιορισθῶσιν αἱ θέσεις τῶν στεγανῶν ἢ ὑδροφόρων στρωμάτων.

Εἰς περίπτωσιν ὑπάρχοντος βαθέως σωληνωτοῦ φρέατος, τὸ ἠλεκτρόδιον H φερόμενον εἰς τὸ ἄκρον καλωδίου K



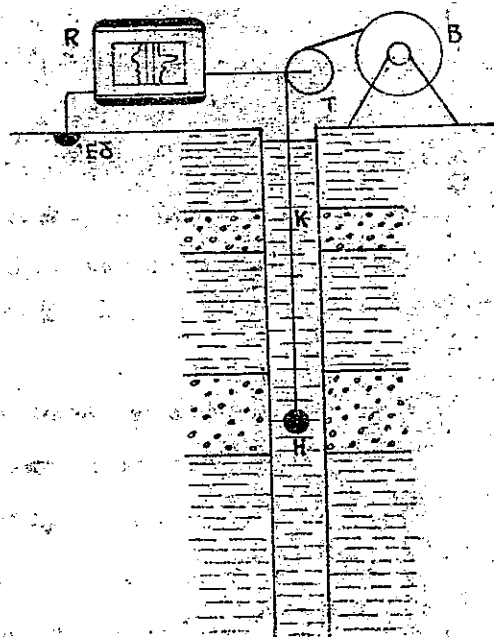
Σκ. 237. Ἡλεκτρο-ἐκκρηκτικὴ μέθοδος ἀνιχνεύσεως τοῦ ὑπεδάφους.

καταβιβάζεται ἐντὸς τῆς σωληνώσεως (βλ. ε.κ. 239) μέσῳ βαρούλικου B, περιστρέφει τὴν ἀριθμημένην τροχαλίαν T καὶ συν-



Σχ. 238.- Αντιστάσεις συναρτήσει υγρασίας.

1. Ασβεστόλιθος ... 2. Ψαμμίτης ...
3. Ψαμμίτης ... 4. Φυλλίτης ...
5. Γρανодиόριτης ...



Σχ. 239.- Μέτρηση της αντιστάσεως (resistivity).

δύεται με το όργανον μετρήσεως της αντιστάσεως R ενώ εκ παραλλήλου η τροχαλία T μετακινεί τον χάρτην εφ' ου χάρασσεται η αντιστάσις. Τοιούτοτρόπως έχομεν αυτόγραφον πίνακα μετρήσεως της ανηγμένης αντιστάσεως.

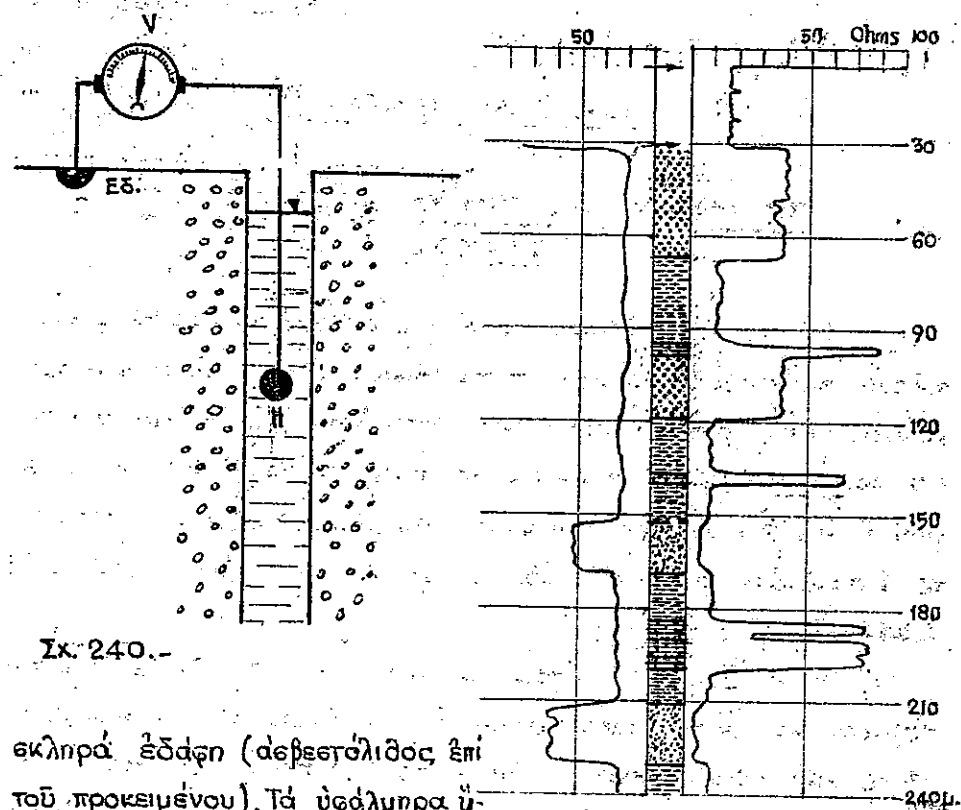
Δι' αναλόγου τρόπου δύναμεθα να μετρήσωμεν την τάσιν εντός μιας γεωτρήσεως και να λάβωμεν αντίστοιχον διάγραμμα.

Είς τό σχήμα 241 δίδονται τά διαγράμματα της ανηγμένης αντιστάσεως και του δυναμικού εἰς γεωτρήσιν εἰς ἑλκινόϊς, εἰς βάθος 240 μέτρων.

Οὕτω παρατηροῦμεν ὅτι τό δυναμικόν εἰς τήν (potential) αὐξάνει εἰς πᾶς στρώματα ὑδροφόρου ἁμμου μέ ἄλμυρόν ὕδωρ.

Αἱ ἀπότομαι ἀλλάξαι ὁρίζουν τά ὅρια τῶν στρωμάτων τούτων.

Ἐξ ἄλλου ἡ καμπύλη της (resistivity) καθορίζει μέ τάς αἰχάς τῆς τῆς ποσότητος τοῦ ὕδατος.



Σχ. 240.-

εκληρά ἑδάφη (ασβεστόλιθος ἐπὶ τοῦ προκειμένου). Τά ὑφάσματα ὅσα δεικνύουν μικράν ἀντίστασιν (resistivity)

Ἀποτελοῦν ὁδόν αἱ ηλεκτρικαί βυθόμετρήσεις εἰς ὑπάρχοντα φρέατα βοήθητικὰς μεθόδους διασαφήσεως τῶν πετρωμάτων καί τῆς ποσότητος τοῦ ὕδατος.

Αἱ μετρήσεις ἐπὶ μέρων γίνονται διὰ μικρῶν φορητῶν συσκευῶν (βάρος ~ 45 χιλιγραμμα) καί εἶναι τελείως αυτόγραφοι.

- Ἀργιλλος
Ἄμμος γλυκεροῦ ὕδατος
" ἁλμυροῦ
Ἀσβεστόλιθος

Σχ. 241.-

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ν VI

ΤΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟΝ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΟΥΝΤΟΣ ΥΔΑΤΟΣ

Εξ όσον δι' έκαστην υδρολογικήν λεκάνην κυρίαν τροφοδο-
τούσαν πηγήν των άπορροών αποτελοῦσιν αἱ υδατώδεις κατακρη-
μνίσσεις εἶναι φυσική ἡ προσπάθεια έκτιμήσεως των πρώτων συναρτή-
σει των τελευταίων. Έκτιμώντες ἐπὶ πλέον τὰς ἀπωλείας καὶ τὰ ὑπο-
γεῖα ὕδατα διὰ μετρήσεων ἢ ἄλλως πως, δύναμεθα νὰ καταρτίσωμεν
τὸ Ι-ΣΟ-Ζ-Υ-Γ-Ι-Ο-Ν τοῦ ὕδατος ἐπὶ έκτάσεως μιᾶς υδρολογικῆς
λεκάνης.

Ἡ έκτίμησης των άπορροών συναρτήσῃ των ὕδατων κατα-
πτώσεων ἔχει καὶ τὸ πλεονέκτημα ὅτι δύναμεθα νὰ έκτιμήσωμεν ἐμ-
μέσως τὰς πιθανὰς ἀκραίας τιμὰς των άπορροών διὰ διάστημα πολ-
λῶν ἐτῶν ὁδεύοντος ὅτι αἱ παρατηρήσεις των καταπτώσεων ὑπάρχουν
διὰ μεγάλην σειράν ἐτῶν εἰς αἱ των άπορροών έκτείνονται εἰς μι-
κροτέρας σειρὰς ἐτῶν καὶ τοῦτο διότι ἀπανταχοῦ οἱ βροχομετρικοὶ
σταθμοὶ προηγήθησαν κατὰ πολὺ των μετρήσεων των άπορροών. Ἰδιαι-
τέρως ἐν Ἑλλάδι αἱ παρατηρήσεις άπορροών έκτείνονται εἰς ἐλα-
χίστας παρατηρήσεις ἢ εἰς διάρκειαν ἐλαχίστων ἐτῶν καὶ δι' αὐτὸν εἰς
τὰ κυριώτερα ρεύματα.

Βασικόν θέμα διὰ τὸν καταρτισμὸν τοῦ ὕδατος ἰσοζυγίου των
λεκάνων ἀποτελεῖ ἡ έκτίμησης των άπορροών συναρτήσῃ των ὕδα-
των καταπτώσεων, ὁδεύοντος ὅτι αἱ άπορροαὶ παρουσιάζονται ὡς
ἀμεσώτερον χρήσιμοι διὰ τὴν μελέτην των περισσότερων ὑδραυλικῶν
ἔργων. Διὰ τὴν έκτίμησης των άπωλειῶν καὶ των ὑπογείων ὕδατων αἱ
ἀνωτέρω δοθεῖσαι βασικαὶ ἀρχαὶ δύνανται νὰ χρησιμοποιηθῶσιν διὰ

τὴν ἔρευναν εἰδικῶν προβλημάτων καὶ τὰς έκάστοτε εἰδικὰς περι-
πτώσεις μελετῶν.

Ἡ ἔρευνα καὶ έκτίμησης των άπορροών ενδιαφέρει τὴν μελέ-
την διαφόρων ὑδραυλικῶν ἔργων ἢ τμημάτων αὐτῶν κατὰ διάφορον
ἐκάστοτε τρόπον καὶ δι' αὐτὴν ενδιαφέρουσιν κυρίως αἱ κατωτέρω πε-
ριπτώσεις :

- α) τὸ εὐνολον των ἐτησίων άπορροών ἥτοι ἡ ποσότης ὕδατος
ἡ ἀναμεναμένη νὰ άπορρεύσῃ ἐτησίως ἐκ μιᾶς λεκάνης
- β) τὸ εὐνολον των μηνιαίων άπορροών ἥτοι ἡ διανομή τῆς ἐ-
τησίας άπορροῆς ἀνὰ μῆνα καὶ
- γ) αἱ άπορροαὶ αἱ ἀναμενόμεναι κατ'ὸν συνεχοῦς βροχῆς
τινός (μιᾶς, δύο ἢ περισσότερων ἡμερῶν) αἵτινες δι' ὅ-
σον καὶ τὰς μέγιστας μεμονωμένας τιμὰς των άπορροών
ἥτοι τὰς αἰχμὰς των ὑδρογραφημάτων αἵτινες καὶ ἀν-
τιπροσωπεύουν τὰς πλημμύρας.

Κατωτέρω ἐξετάζεται ἡ συσχέτις αὐτῆς άπορροών—κα-
ταπτώσεων μετ' τὴν ὡς ἀνω εἰράν.

A. Ἐτήσιαι άπορροαὶ.

Ἐάν ἡ ἐτήσια άπορροὴ μιᾶς λεκάνης ἀνακῆ εἰς ὕψος
ὕδατος h_a κατανεμημένου ἐπὶ ὅλης τῆς λεκάνης άπορροῆς, ὡς τὸ
ὕψος των ἐτησίων ὕδατων κατακρημνήσεων ἢ τὸ καταπεσοῦν κα-
τὰ τὸ ἀντίστοιχον πρὸς τὴν άπορροὴν διάστημα, τότε ὁ λόγος των
δύο τούτων ὕψων διδεται διὰ ἀριθμοῦ μικροτέρου τῆς μονάδος
καλουμένου εὐν. τελεστ. ὕ. άπορροῆς φ_e , ἥτοι :

$$h_a = \varphi_e \cdot h \quad \text{ἢ} \quad \varphi_e = \frac{h_a}{h} \quad (1)$$

Ὡς ἀφετηρία διὰ τὴν μέτρησιν βροχῶν καὶ άπορροών δεῖν νὰ
λαμβάνηται ἐκείνη ἡ ἐποχὴ τοῦ ἔτους καδ' ἣν βροχαὶ καὶ άπορ-
ροαὶ ἀλληλετηρεῖσονται ἀπ' εὐθείας. Ὡς τοιαύτη ἐποχὴ λαμβάνεται

η αρχή της περιόδου των βροχών, μετά το τέλος της ξηράς περιόδου, ώστε αι απορροαί της μιας περιόδου να μη περιλαμβάνουσιν βροχάς της παρελθούσης περιόδου η δέ επίδρασις των απορροών εκ των υποχείων υδάτων να είναι ελακίστη (ταπεινωτάτη εναθμο των υποχείων υδάτων). Παρ' ημίν τοιαύτην εποχή δύναται να θεωρηθῇ ἡ πρώτη Σεπτεμβρίου ἣτις ἀποτελεῖ σὺν τὴν ἑναρξιν τοῦ υδρολογικοῦ ἔτους, τῆς λήξεως αὐτοῦ ἀντιστοιχοῦσης τὴν 30^{ην} Αὐγούστου τοῦ ἀπομένοντος ἡμερολογιακοῦ ἔτους.

Ὁ ἐπίσης συντελεστὴς ἀπορροῆς, φ_E , εἶναι προφανές ὅτι δίδει μίαν κατὰ π ρ ο σ ε γ γ ι σ ι ν ἐκτίμησην των ἀπορροών εκ τῆς βροχῆς (*), δοθέντος ὅτι οὗτος δει περιλαμβάνει τὴν ἐντός τοῦ ἔτους κα τ α ν ο μ ῆ ν των βροχών αὐτε τὴν ἀντίστοιχον δίδεται των λοιπών μεταωρολογικῶν φαινομένων (θερμοκρασίας, ὑγρασίας, ἀνέμων) ἅτινα ἐπηρεάζουν τὰς ἀπωλείας τῆς βροχῆς. Καί ἐξ ὧν μὲν ὁ συντελεστὴς ἐτησίας ἀπορροῆς ὑπολογίζεται δι' ἐκάστην λεκάνην τότε οὗτος περιλαμβάνει, ἐμμέσως τοῦλάχιστον, τὴν ἐπιρροὴν τοῦ σχήματος, τῆς καλύψεως καὶ τῆς γεωλογίας τῆς υδρολογικῆς λεκάνης.

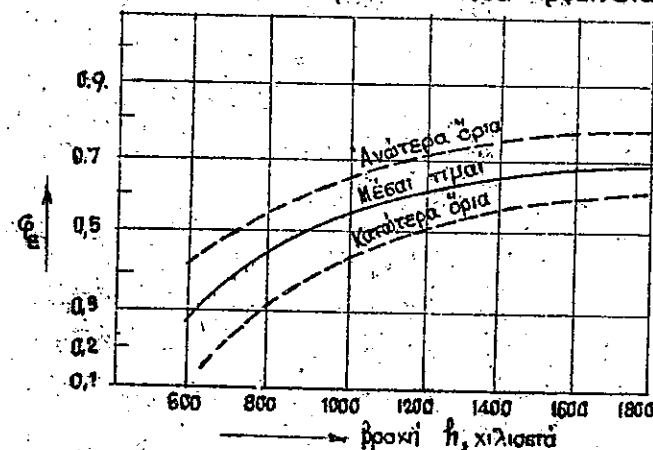
Ἐάν ὁμως ἐκτείνεται διὰ μεγαλύτεραν περιοχὴν, ἥτοι διὰ πολλὰς λεκάνας, τότε δὲν περιλαμβάνει οὐτε τοὺς συντελεστὰς τούτους, ὁπότε ἡ ἐκτίμησης των ἀπορροών γίνεται κατὰ ἑτι μεγαλύτεραν προσέγγισιν.

Ὁ ὑπολογισμὸς τοῦ ἐτήσιου συντελεστοῦ ἀπορροῆς γίνεται ἐπὶ τῇ βάσει παρατηρήσεων βροχών καὶ ἀπορροών.

Οὕτω διὰ συνθηκῶν υδρολογικῶν λεκανῶν ἐν Γερμανίᾳ

* Ἐφεξῆς τὸ ὕψος h των υδατοδῶν καταπτώσεων καλεῖται ἐπὶ τὸ συντομώτερον καὶ ὕψος βροχῆς (ἐκφραζόμενον εἰς χιλιοστόμετρα) δοθέντος ὅτι τὰ βροχόμετρα μετροῦν καὶ τὴν πτωεῖν κίνουα εἰς ἰσοδύναμον ὕψος βροχῆς.

ὁ H. Keller δίδει τὸ σχῆμα 242 ἐνθα ἐμφαίνεται ὅτι ὁ συντελεστὴς φ_E αὐξάνεται μετὰ τοῦ ὕψους τῆς βροχῆς, ἔχει δὲ τιλὴν τῆς μέσης τιμῆς καὶ τὰ ἀνωτέρα καὶ κατώτερα ὅρια αὐτοῦ ἀναλόγως τῆς λεκάνης.



Σχ. 242. Ἐπίσης συντελεστὴς ἀπορροῆς δια

Γερμαν. λεκάνας.

Ἡ μέση τιμὴ τοῦ συντελεστοῦ δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου:

$$\varphi_E = \frac{h_a}{h} = 0,942 - \frac{405}{h} \quad (2)$$

Ὁ τύπος οὗτος ἰσχύει εἰς τὴν Γερμανίᾳ διὰ βροχάς ὕψους μεγαλύτερου των 650 χιλιοστών.

Ὁ Giandotti δίδει τὸν ἐτήσιον συντελεστὴν ἀπορροῆς διὰ των τύπων:

$$\text{διὰ ὀρεινὰς περιοχὰς, μεγάλου ὕψους βροχῶν,} \quad \varphi_E = 1 - \frac{350}{h} \quad (3^a)$$

$$\text{διὰ μικρὰς λεκάνας ἀπορροῆς} \quad \varphi_E = 0,884 - \frac{460}{h} \quad (3^b)$$

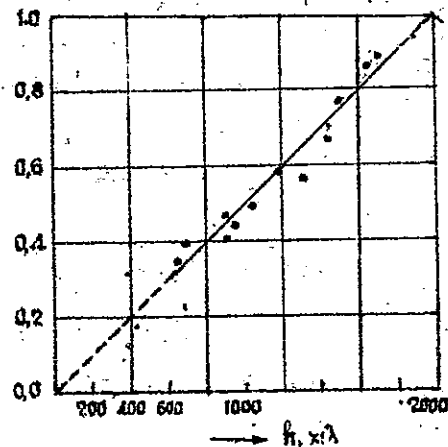
Ὁ Coulangue (1922) διὰ λεκάνας τῆς κεντρικῆς Γαλλίας εὑρεν τὸν τύπον:

$$\varphi_E = 0,25 + 0,00035 h \quad (4^a)$$

$$\text{διὰ δὲ τὰς ὀρεινὰς περιοχὰς:} \quad \varphi_E = 0,0005 h \quad (4^b)$$

ἐνθα h τὸ ὕψος βροχῆς εἰς χιλιοστά.

ὅστις βεβαίως θὰ ἰσχύῃ διὰ βροχὴν h μέχρις ὕψους 2,0 μέτρων, ὁπότε ἡ ἀπορροή θὰ ἰσῶται μέτῃ βροχὴν ($\varphi_e = 1,0$):



Σχ. 243. Ἐπίσης συντελεστής ἀπορροῆς, λεκανῶν τῆς ὁροσειρᾶς Πίνδου-Ὀλύμπου (Γ.Π.Κ. 1945)

Παρατηρήσεις ἐπὶ ἐλληνικῶν ρευμάτων μέ λεκανῶν κειμένων ἐξ ὁλοκλήρου ἐπὶ τῆς γραμμῆς Πίνδου-Ὀλύμπου, ἥτοι μέ σχετικῶς ὁμοιομόρφους συνθήκας ἀπορροῆς, δίδουν μέ ἱκανὴν προσέγγισιν, τὸν συντελεστὴν ἀπορροῆς ἴσον ἐπὶ-σης μέ τὸ ἥμισυ τοῦ ὕψους βροχῆς (βλ. σχῆμα 243 καὶ τύπον 4β).

Ὁ Vermeule κατόπιν πολ-λῶν μετρήσεων τῶν βορειοανατο-λικῶν Πολιτειῶν τῶν Η.Π.Α. προσ-διώρισεν τὰς ἀπωλείας τῶν βροχῶν

εἰς χιλιοστὰ ἴσας πρὸς:

$$A_m = (279 + 0,29 h) \text{ μ.}$$

ἔνθα M συντελεστής ἐξαρτώμενος ἐκ τῆς μέσης ἡμέρας θερμοκρα-σίας καὶ δὴ διὰ θερμοκρ. $4,5^\circ\text{C}$ $M = 0,77$

$$7,2 \quad 0,91$$

$$10,0 \quad 1,07$$

$$12,8 \quad 1,26$$

$$15,5 \quad 1,47$$

Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω τύπου προκύπτει ἡ ἀπορροή $h_a = h - A_m = (1 - 0,29 M) h - 279 M$ καὶ ὁ συντελεστής φ_e

$$\varphi_e = \frac{h_a}{h} = (1 - 0,29 M) - \frac{279}{h} M \quad (5)$$

ἔνθα h εἰς χιλιοστὰ.

Ὁ Justin ἐπὶ τῇ βάσει παρατηρήσεων εἰς 14 ρεύματα

τῶν ἀνατολικῶν Η.Π.Α. δίδει ἀνάλογον πρὸς τὸν Coultagne τύπον ἥτοι:

$$T = 1,80C + 32$$

$$\frac{h_a}{h} = \varphi_e = k \cdot \frac{S^{0,155}}{T} \cdot h = 0,0374 \cdot \frac{S^{0,155}}{T} \cdot h \quad (6)$$

ἔνθα h τὸ ὕψος βροχῆς εἰς χιλιοστὰ,

S ἡ μέση κλίσις τῆς λεκανῆς ἀπορροῆς (μέγιστη ὑψομετρι-κὴ διαφορά διαιρουμένη διὰ τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τῆς ἐπιφανείας).

T ἡ μέση ἡμέρα θερμοκρασία εἰς βαθμοὺς Fahrenheit καὶ k συντελεστής ἔχων τὴν τιμὴν 0,0374.

Εἶναι προφανές, ὅτι αἱ δύο τελευταῖοι τύποι δίδουν μικροῦς συντελεστάς ἀπορροῆς καὶ θὰ ἰσχύουν δι' ἐπιπέδους λε-κανῶν μέ ἱκανὴν διαπερατότητα καὶ μικρὰς σχετικῶς κλίσεις.

Ὁ Ν. Χωραφᾶς (1946) δίδει τὸν ἀκόλουθον πίνακα ἐπὶ τῇ βάσει μελέτης τοῦ ἐπὶ τῶν ἀπορροῶν ἐνίων τῶν κυριωτέρων ἑλληνικῶν ρευμάτων:

Ποταμός	Λεκανὴ ἀπορροῆς Km^2	Εἰδικὴ ἀπορροή λ/Km^2 -ἔλυν	Ποταμός	Λεκανὴ ἀπορροῆς Km^2	Εἰδικὴ ἀπορροή λ/Km^2 -ἔλυν
Νέετος...	5890	8,85	Ἀχελῷος...	3720	33,90
Ἀγγίτης...	2240	11,90	Λοῦρος...	445	21,20
Στρυμὼν...	11050	9,50	Καλαμᾶς...	1638	52,50
Ἀξιός...	22237	8,40	Βουραϊκός...	180	22,60
Βόδος...	81	57,00	Λαδων...	806	30,20
Ἀλιάκμαν...	6570	12,00	Ἀλφειός...	3550	20,50
Πηνειός...	9000	7,60	Πάμισος...	730	14,20
Ιπερχειός...	1188	14,70			

Ὁ R. Iszkowski (1886) δίδει ἕνα ἐκ τῶν πλεόν διαδε-δομένων τύπων διὰ τὴν ἐκτίμησιν τῆς ἀπορροῆς συναρτήσει

ύψους βροχής.

Κατ' αὐτὸν ἡ μέση ἔτησία ἀπορροή, εἰς $\mu^3/\delta\lambda\alpha\nu$ δα ἰσοῦται,
 $\mu\epsilon \quad MQ = 0,03171 C_m \cdot h F \quad (7)$

ἐνθα h τὸ ὕψος τῆς βροχῆς εἰς μέτρα, F ἡ λεκάνη ἀπορροῆς
 εἰς τετραγωνικά χιλιόμετρα MQ ἡ μέση ἔτησία ἀπορροή εἰς $\mu^3/\delta\lambda\alpha\nu$,
 καὶ C_m συντελεστής διδόμενος ὑπὸ τοῦ κατωτέρω πίνακος.

Ἐὰν καταγράψωμεν τὸν ὡς ἀνω τύπον συμφῶνως πρὸς τὸν
 τύπον (1) τῆς παρούσης παραγράφου δα λάβωμεν :

$$\phi_e = C_m$$

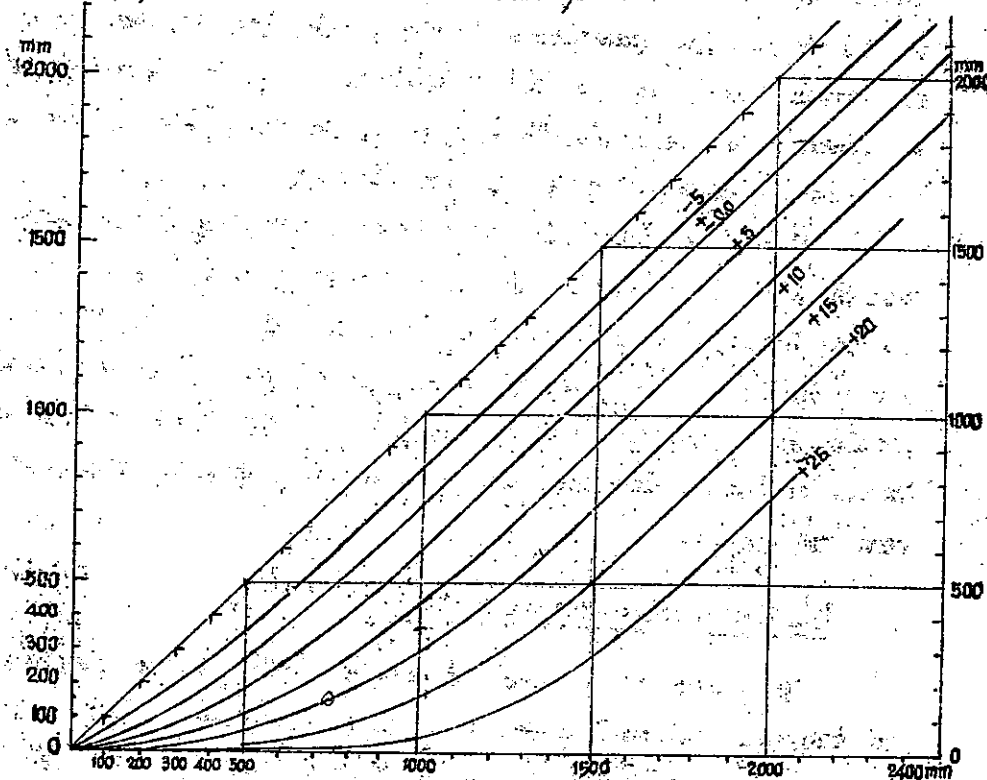
ἥτοι ὁ συντελεστής C_m δίδει τὸν ἐπίσειον συντελεστὴν ἀπορροῆς ϕ_e
 καὶ ἔχει κατὰ τὸν Iszkowski τὰς ἀκολουθοῦσας τιμὰς :

Δια πεδιάδας $C_m = \phi_e = 0,2$	0,2
Κοιλάματα καὶ πεδινὰ ὑψίπεδα.....	0,25
Πεδινολοφώδεις περιοχαί.....	0,30
Ὁμαλοὶ λόφοι.....	0,35
Ἡμιορεινοὶ ἢ ἰσχυροὶ λόφοι.....	0,40
Ἐλαφρῶς ὄρεινὰ ἐδάφη.....	0,45
Ὁρεινὰ ἐδάφη.....	0,50
Μεγάλα ὄρη (Μέλας Ἀδρυμὸς, Riesen- gebirge).....	0,55
Ὑψηλὰ ὄρη (ἀναλόγως καὶ τῆς κλίσεως αὐτῶν).....	0,60 0,65 0,70

Ὁ ἔτησιος συντελεστὴς ἀπορροῆς τοῦ Iszkowski ὅθεν
 εἶναι ἀνεξάρτητος τοῦ ὕψους βροχῆς καὶ ἀποτελεῖ συνάρτησιν τοῦ
 τύπου τῆς υδρολογικῆς λεκάνης μόνον.

Τέλος εἰς τὸ σχῆμα 244 δίδεται ἡ σχέσις βροχῆς (h),
 ἀπορροῆς (h_a) καὶ ἀπολειπῶν ($h - h_a$) συναρτήσει τῆς θερμοκρα-

σίας (t) (κατὰ τοὺς Keller καὶ Wundt).



Σχ. 244.

Ἀνακεφαλαιοῦντες τοὺς ἀνωτέρω τύπους παρατη-
 ροῦμεν ὅτι κατεβλήθη προσπάθεια ἐκφράσεως τοῦ συντελεστοῦ ἀ-
 πορροῆς συναρτήσει ἀφ' ἑνὸς τῆς τοπογραφικῆς διαμορφώσεως
 τῆς λεκάνης (Iszkowski, Justin) ἀφ' ἑτέρου δὲ τοῦ ὕψους τῆς
 βροχῆς (Keller, Giandotti, Goutagne, Justin, Vermeule) καὶ τέλος
 συναρτήσει τῆς μέσης ἔτησιος θερμοκρασίας (Vermeule, Justin,
 Wundt). Οὕτω, ὅσον μεγαλύτερον εἶναι τὸ ὕψος βροχῆς τόσον
 ἐυκολώτερον κορρένουνται αἱ ἀπόλεια καὶ ἐπομένως ἡ ἀπορροή
 εἶναι μεγαλυτέρα.

Ἐπιπλέον εἰς ὄρεινούς καὶ ἀποτόμους κλιτεῖς ἡ ἀπορροή εἶ-
 ναι μεγαλυτέρα ἢ εἰς ἐπιπέδους ἐνθα ἡ ἐξάτμισις καὶ διείδου-
 σις εἶναι μεγαλυτέρα καὶ ἡ φυτεία ἴσως πυκνότερα. Εἶναι προ-

φανές ότι τόσο μεγάλα χρονικά όρια, ως είναι το έτος, χρησιμοποιούμενα διά την επουδὴν φαινόμενων ως τῆς βροχῆς ἥτις λαμβάνει χώραν εἰς σχετικῶς ὀλίγα καὶ βραχέα διαστήματα ἐντὸς τοῦ ἔτους, δύνανται νὰ δώσουν ἀκριβῆ ἐξαχόμενα. Εἰς τοῦτο ἀλλοστε ευντελοῦν καὶ ἐκάστοτε διαφοραὶ ἀνωμαλιῶν τοῦ ἐδάφους.

Παρ' ὅλας ὁθεν τὰς προσπάθειάς δημιουργίας τύπων, οὗτοι πιθανόν νὰ ἰσχύουν μόνον εἰς τὴν περιοχὴν δι' ἣν ὑπελογίσθησαν. Διὰ τοὺς λόγους τούτους ευνιστᾶται ὅπως διὰ κάθε υἱδρολογικὴν λεκανὴν ἢ ομάδα ὁμοίων λεκανῶν μελετῶνται αἱ ἀπορροαὶ συναρτήσει τῶν βροχῶν ἐπὶ τι διάστημα ἵνα ἐκηρατισθῇ ἴδιος τύπος ὥστε νὰ ἐπαισθάνονται αἱ ἐπίσης ἀπορροαὶ ἐπὶ τῇ βάσει τῶν μακροτέρων παρατηρήσεων τῶν βροχῶν.

Β. Μηνιαῖαι ἀπορροαί.

Ἡ γνώσις τῶν μηνιαίων ἀπορροῶν εἶναι ευνήδως χρήσιμος καὶ ἐπαρκὴς διὰ πολλὰς φάσεις διαφόρων υἱδραυλικῶν ἔργων, πᾶσα δὲ προσέγγις τοῦ μεγέθους αὐτῶν ἀποτελεῖ πολὺτιμον στοιχεῖον διὰ τὴν μελέτην τῶν ἀντιστοίχων ἔργων.

Τὰ ἀνωτέρω λεχθέντα περὶ τῶν ευντελεστῶν ἐπείκει ἀπορροῆς ἰσχύουν ἐν πικῇ μέτρᾳ καὶ διὰ τοὺς μηνιαίους ευντελεστάς ἀπορροῆς Q_m , με μόνην τὴν διαφορὰν ὅτι ἐνταῦθα ἐπειδὴ τὸ χρονικὸν διάστημα ἐπιμήσεως αὐτῶν εἶναι πολὺ μικρότερον ἢ ἀναμενομένη ἀκρίβεια αὐτῶν δεῖν νὰ εἶναι κατὰ τι μεγαλύτερα.

Ἀντιθέτως πᾶσιν ἐφαλμάτων δύναται ν' ἀποτελέσῃ τὸ γεγνησὶς ὅτι — κατὰ τοὺς χειμερινούς ἰδίους μῆνας — μεγάλη βροχὴ ἢ πεσοῦσα τὴν τελευταίαν ἡμέραν τοῦ προηγουμένου μηνός, ἐμφανίζεται ὡς ἀπορροὴ τοῦ ἐπομένου, ἀναστρέφουσα οὕτως τὴν εἰσὶν βροχῶν — ἀπορροῶν καὶ τῶν δύο ὑπ' ὅσιν μηνῶν.

Διὰ τὸν ἀνωτέρω λόγον ἐνίοτε αἱ μηνιαῖαι ἀπορροαὶ ἐνός μηνός ἐκφράζονται συναρτήσει τῶν βροχῶν τοῦ ὑπ' ὅσιν μηνός καὶ

τοῦ προηγουμένου ἢ περισσότερων προηγουμένων μηνῶν.

Οὗτοι δ Schacklitsch διδοὶ τὸν ἀκόλουθον πίνακα τῶν μηνιαίων ἀπορροῶν (εἰς χιλιοστὰ) τοῦ ποταμοῦ Teigitsch εἰς τὸ ἐράγμα Langmann κατὰ παρατηρήσεις τοῦ Kesslitz.

Ἰανουάριος Φεβρουάρ. Μάρτιος	$h_a = -8,6 + 0,0704 \cdot h \text{ (vii ἕως xii)}$ $= +6,7 + 0,0422 \cdot h \text{ (viii ἕως I)}$ $= 13,2 + 0,0721 \cdot h \text{ (x ἕως III)}$	Μέσων ἐσάμα(%) $\pm 10,0$ $\pm 7,7$ $\pm 14,1$
Ἀπρίλιος Μάιος Ἰούνιος	$= -2,7 + 0,118 \cdot h \text{ (ix ἕως iv)} - 1,42 \cdot t \text{ (II + III)}$ $= +56 + 0,373 \cdot h \text{ (iv + v)} - 4,38 \cdot t \text{ (III + IV)}$ $18 + 0,20 \cdot h \text{ (v + vi)}$	$\pm 13,5$ $\pm 14,3$ $\pm 12,0$
Ἰούλιος Αὐγούστος Σεπτέμβρ.	$-8,9 + 0,239 \cdot h \text{ (vi + vii)}$ $-23,9 + 0,346 \cdot h \text{ (vii + viii)}$ $+3,9 + 0,25 \cdot h \text{ (viii + ix)}$	$\pm 15,7$ $\pm 19,1$ $\pm 15,8$
Ὀκτωβριος Νοεμβριος Δεκέμβρ.	$-20,3 + 0,233 \cdot h \text{ (viii + ix + x)}$ $-14,2 + 0,165 \cdot h \text{ (viii ἕως xi)}$ $+8,2 + 0,167 \cdot h \text{ (x + xi + xii)}$	$\pm 8,8$ $\pm 7,1$ $\pm 17,3$

Εἰς τοὺς ἀνωτέρω τύπους h (ix ἕως iv) σημαίνει βροχὴν πεσοῦσαν τοὺς μῆνας Νοεμβρίου, Δεκεμβρίου, Ἰανουαρίου, Φεβρουαρίου, Μαρτίου καὶ Ἀπριλίου, καὶ h (viii + ix) σημαίνει τὰς βροχὰς Αὐγούστου καὶ Σεπτεμβρίου. t (iii + iv) σημαίνει τὸ ἄθροισμα τῶν μέσων θερμοκρασιῶν Μαρτίου καὶ Ἀπριλίου εἰς βαθμούς Κελσίου.

Σημειωτέον ὅτι ἡ διανομὴ τῶν βροχῶν ἐδῶ ὑπάρχει εἰς τὸ ἡπειρωτικόν κλίμα καὶ ἐπομένως αἱ μεγαλύτεραι βροχαὶ παρουσιάζονται τὸ θέρος.

Ὁ Σκλαβούνος, κατόπιν μελέτης τῶν βροχῶν καὶ ἀπορ-

ροών των ποταμών Κραθιδός και Βουραϊκού δίδει τους κατωτέρω μηνιαίους συντελεστές απορροής :

Σ.	Ο.	Ν.	Δ.	Ι.	Φ.	Μ.	Α.	Μ.	Ι.	Ι.	Α.
0,1	0,1	0,1	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,1	0,05

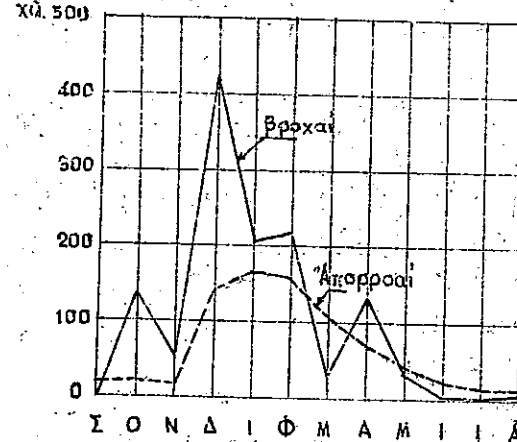
Δοθέντος ότι το βάρος των βροχών του έτους πέφτει μετάξυ των μηνών Δεκεμβρίου και Μαΐου είναι προφανές ότι ο έτησις συντελεστής απορροής πλησιάζει τον αριθμόν 0,5.

Κατά την χρησιμοποίησιν τοιούτων απλών συντελεστών, μεγάλη προσοχή δέον να δίδεται εάν μεγάλοι βροχαί πέφτουν τας τελευταίας ημέρας, ενός μηνός, όποτε, ως, έλέχθη, η απορροή αυτών θα εμφανίζεται τον έπόμενον μήνα.

Δοθέντος ότι αι μέσαι θερμοκρασίαι ώρισμένων μηνών (σημ. πικώς, ένιοτε απέχοντων απ' άλλήλων) συμπίπτουν (ως λ.χ. Απριλίου και Οκτωβρίου ή Μαΐου και Σεπτεμβρίου κ.ο.κ.) ο συντελεστής μηνιαίων απορροών δύναται να εκφρασθή άναλόγως των ομάδων των μηνών (θερμοκρασία και λοιπαί μετεωρολογικαί συνθήκαι) και του ύψους βροχής.

Είς τό σχήμα 245 δίδονται αι μηνιαία βροχαί και απορροαί δια πέντε Έλληνικά ρεύματα ένθα έμφαίνεται η διάστα άφοτέρων των υδρολογικών τούτων μεγεθών έντος ενός έτους. Η εξαγωγή μηνιαίων συντελεστών απορροής ως έμφαίνεται εκ των σχημάτων θα ήτο άσχερη. Είς πολλάς περιπτώσεις οί συντελεσταί ούτοι θα ήσαν μεγαλύτεροι της μονάδος δοθέντος ότι είς πολλάς περιπτώσεις η απορροή ύπερβαίνει την βροχήν. Τούτο δύναται να άποδοθῇ ή είς παρουσίαν χιόνος έν τηξει ή είς πώσιν μεγάλης τινος βροχής τό τέλος του προηγούμενου μηνός ή τέλος είς παρουσίαν γεωλογικών και έδαφολογικών συνθηκών άιγνες παρουσιάζουσιν μεγάλην ικανότητα άποθηκείσεως των επιφανειακών υδάτων και επιτρέπουσιν είς αυτά την έκροήν άρκετά βρα-

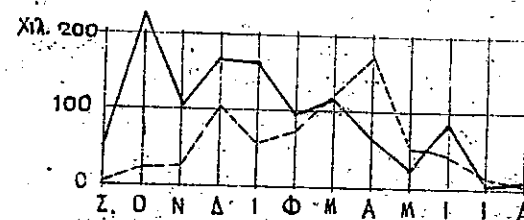
δυτερον. Εκ των κατωτέρω διαγραμμάτων έμφαίνεται η δυσκολία ύπολογισμού μηνιαίων συντελεστών απορροής.



Βουραϊκός 1940 - 41

F = 196,0 χμ² Βροχή : 1236,7

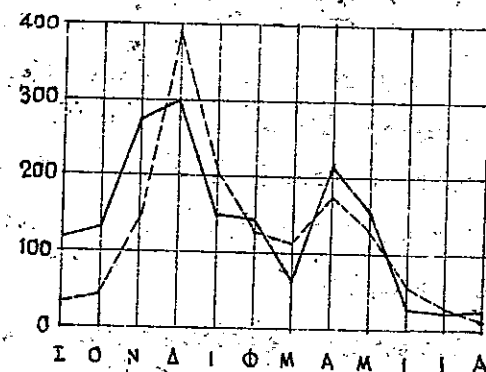
Απορ. : 781,9



Πηνειός (Στεφανόδατος) 1906 - 1907

F = 1450 χμ² Βροχή : 1192,0 χιλ.

Απορ. : 695,0 "



Σχ. 245.

πολογισμού μηνιαίων συντελεστών απορροής.

Ευκολώτερον θα ήτο να λάβωμεν κανονικότερας σχέσεις βροχών - απορροών εάν λάβωμεν μέσους όρους των βροχών δύο ή τριών προηγούμενων μηνών και των απορροών δι' ένα ή δύο μήνας.

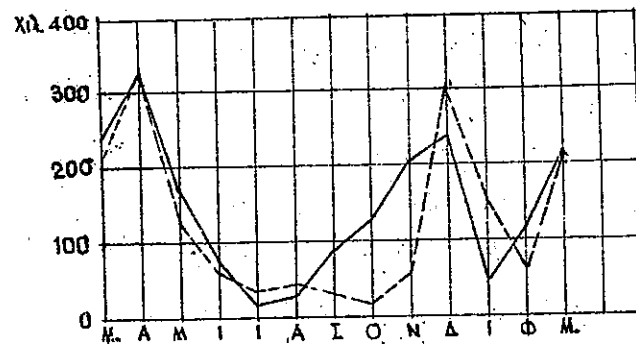
Είς τό σχήμα 246 δίδονται είς χιλιοστά αι βροχαί και απορροαί ενίων έλληνικών ρευμάτων ως ήμισθισμα των αντίστοιχων μεγεθών του ύψους μηνός και του προηγούμενου.

Είς τό σχήμα 247 δίδονται αι βροχαί (τοίς εκατόν του όλικού) δι' έ-

Άχελώας (Κρεμαστά) 1937 - 38

F ~ 3700 χιλμ² Βροχ. 1600 χιλ.

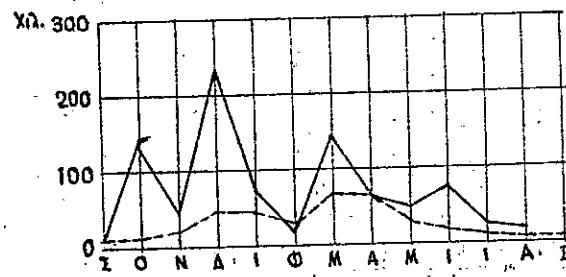
Απορ. 1467 "



Ἀραχθός (Ἄρτα) 1931-32.

Βροχ. 1640. χιλ.

Ἀπορ. 1414. "



Ἀλιάκμων (Κόκοβα) 1938-39

F = 6181 Km² Βροχ. 898 χιλ.

Ἀπορ. 364. "

Σχ. 245... Μηνιαῖαι βροχαὶ καὶ ἀπορροαὶ τικώτερον εἰς ἑλληνικά ρεύματα (ε.π.κ.).

εἰς ἑλληνικά ρεύματα (ε.π.κ.).
μηνιαῖαν μεταβολῶν. Διὰ κατασκευῆς αὐτῶν εὐρίσκομεν διαγράμματα ἀρκετὰ ὁμαλά, πλησιάζοντα ἀλλήλα καὶ δυνάμεθα νὰ μελετήσωμεν τότε ὠρισμένας πλευρὰς ὑδραυλικῶν ἔργων καδ' ἱκανὴν προσέγγισιν (βλ. καὶ σχῆμα 170 σελ. 222) ἔνθα ἐδόθησαν αἱ καμπύλαι διαρκείας μηνιαίων ἀπορροῶν.

Οἱ Wundt καὶ Trassbach ἐμελέτησαν τὰς ἀπορροὰς 38 ποταμῶν τῆς Εὐρώπης ζητοῦντες τὰ μέσον ἐπὶ τῶν ἰσοϋχίων διάσειράν ἐτῶν. Οὗτοι ἐβασίεθησαν εἰς τὸ γνωστὸν διάγραμμα βροχῆς

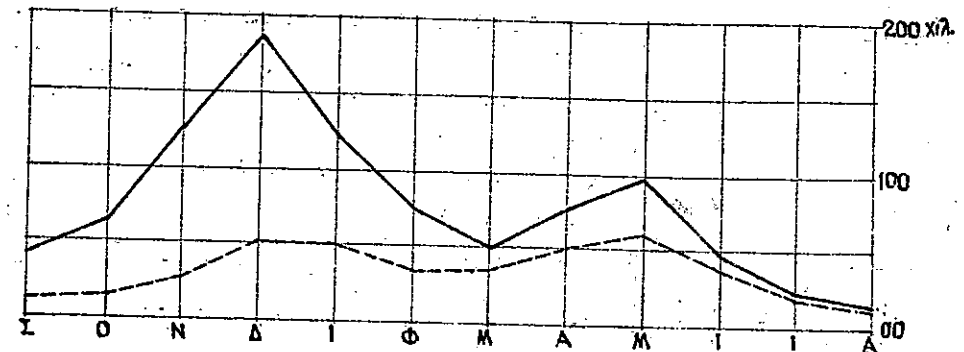
καὶ τὸν μηνῶν καὶ τῶν
ἀμέσως προηγούμενων
 $\left[\frac{1}{2} (h + h_1) \right]$ καὶ αἱ ἀπορροαὶ (τοῖς ἑκατὸν τοῦ ὀλικοῦ) δι' ἕκαστον μῆνα καὶ τὸν προηγούμενον αὐτοῦ:
 $\left[\frac{1}{2} (h_a + h_{a-1}) \right]$.

Τέλος, εἰς τὸ σχῆμα

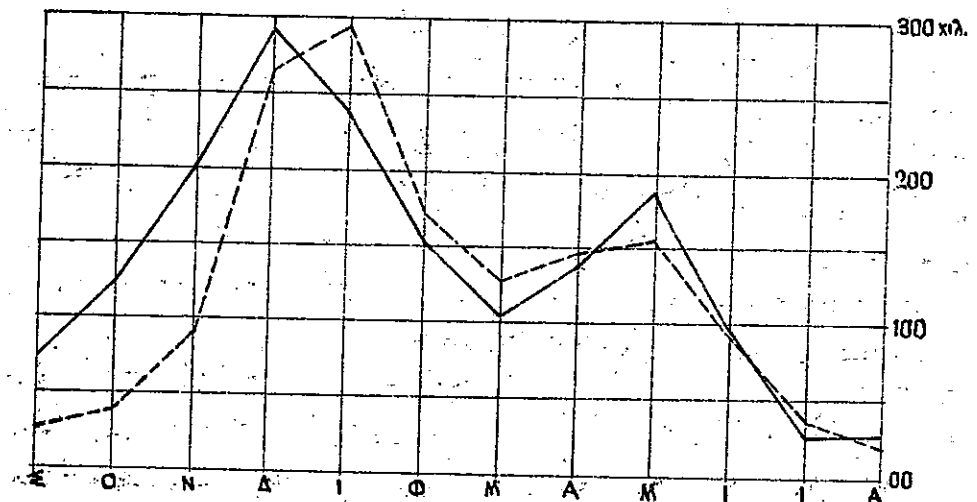
(248) δίδονται αἱ ἀθροιστικαὶ καμπύλαι τῶν μηνιαίων βροχῶν (τοῦ τρέχοντος καὶ τῶν δύο προηγούμενων $\frac{1}{3} (h + h_1 + h_2)$ καὶ τῶν μηνιαίων ἀπορροῶν εἰς ἑκατοστιαίαν ἀναλογίαν τοῦ τρέχοντος καὶ τοῦ προηγούμενου $\left(\frac{1}{2} (h_a + h_{a-1}) \right)$.

Ἀρκούντως βοηθῶν

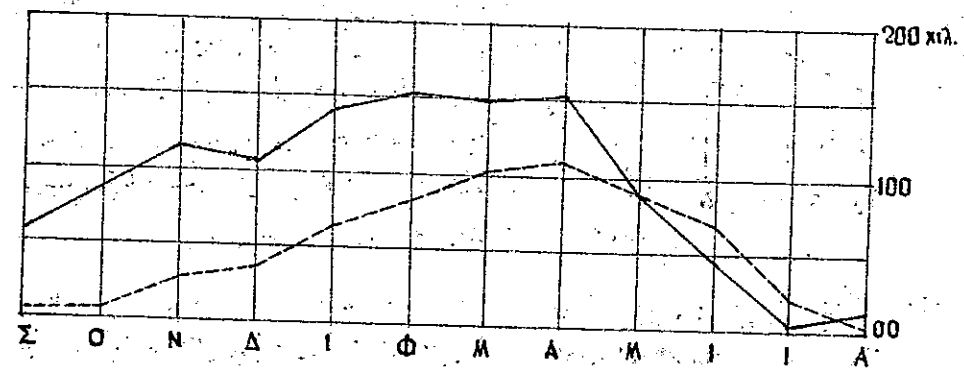
τικώτερον εἰς ἑλληνικά ρεύματα (ε.π.κ.).
ἀλλοῦ ἀποτελοῦν αἱ καμπύλαι διαρκείας τῶν μηνιαίων ἀπορροῶν.



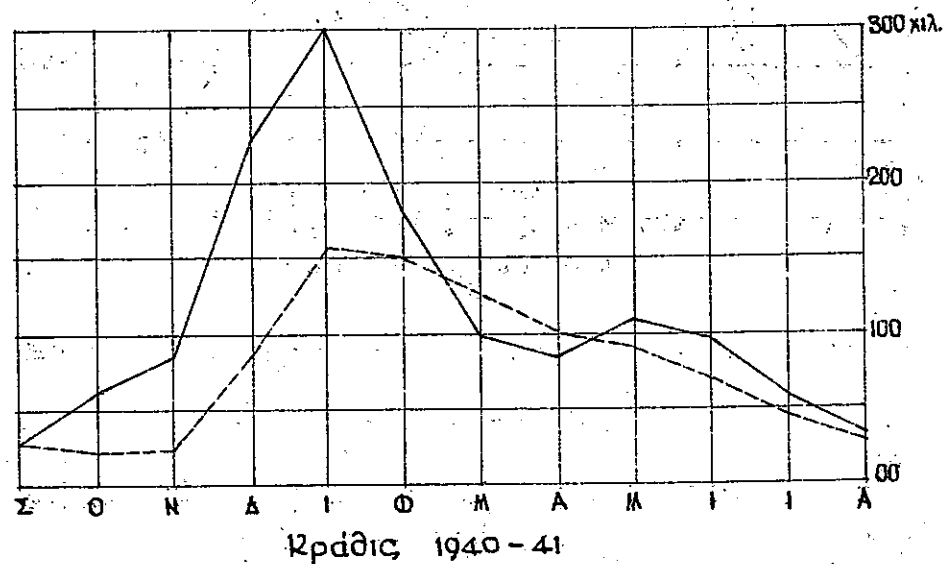
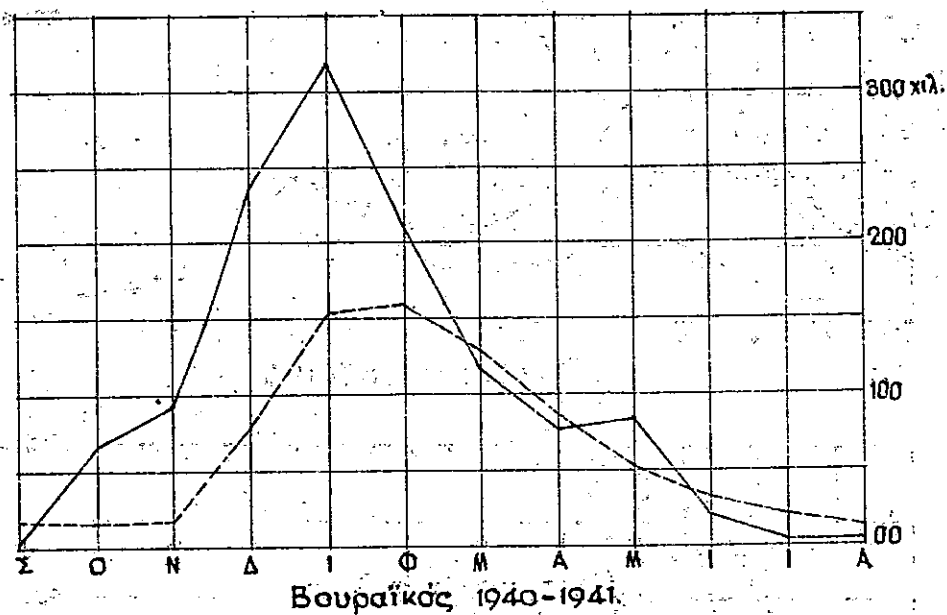
Ἀλιάκμων 1937-1938



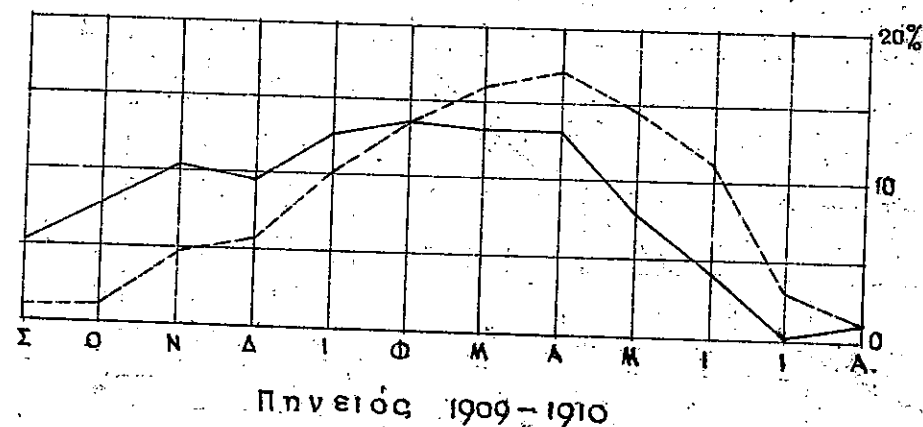
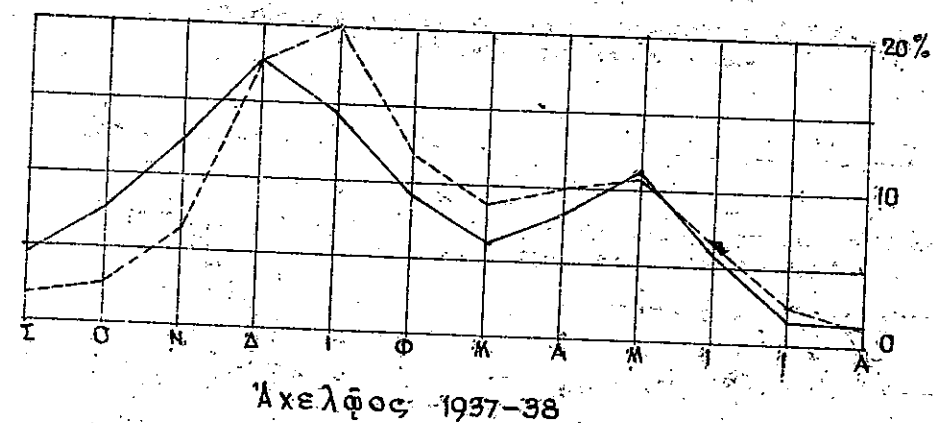
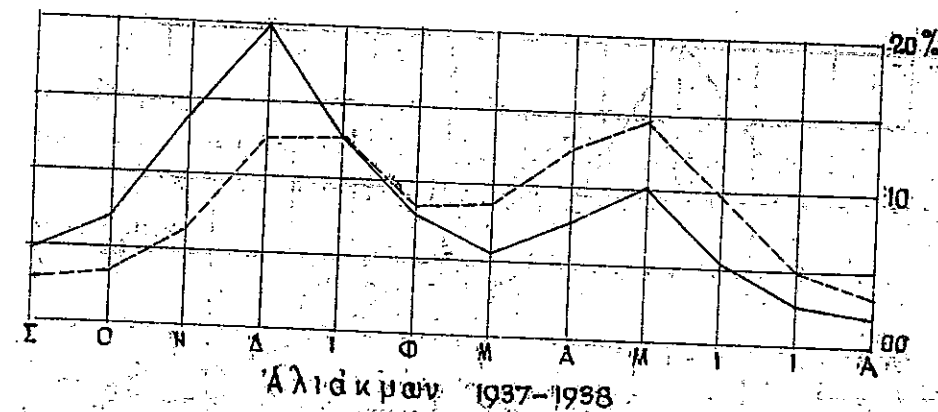
Ἀκελιός 1937-1938.



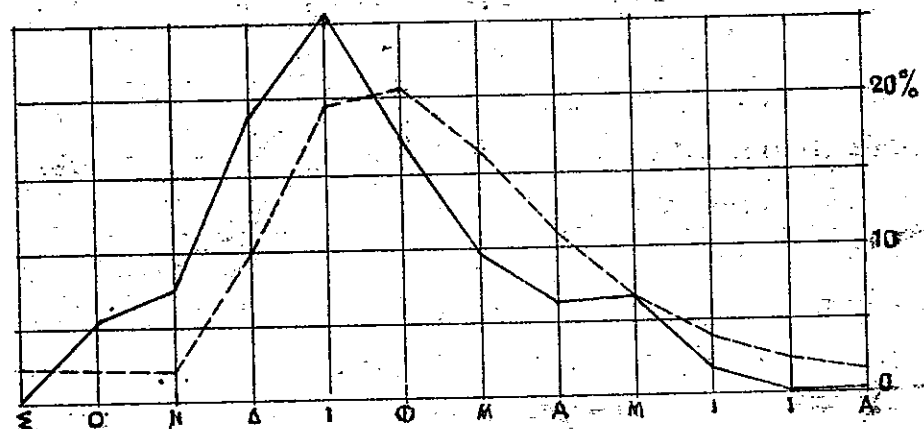
Πηνειός 1909-1910.



Σχ. 246... Ημιόμβρωση βροχών και απόρροων δύο συνεχών μηνών, εις χιλιοστά.

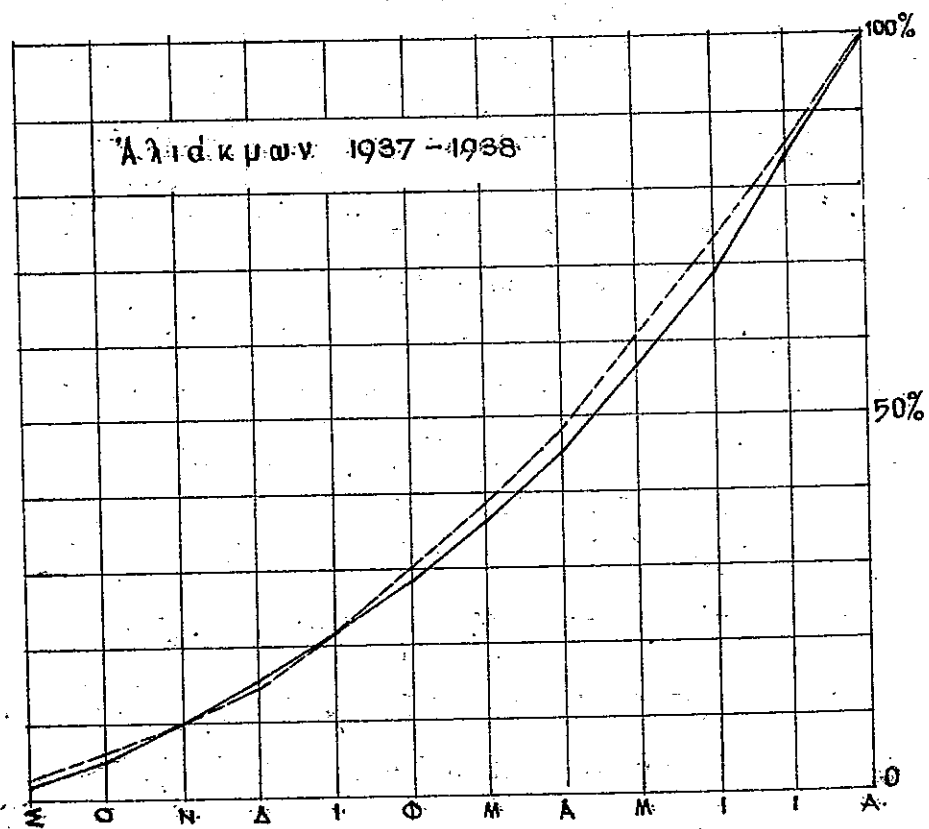


Σχ. 247.



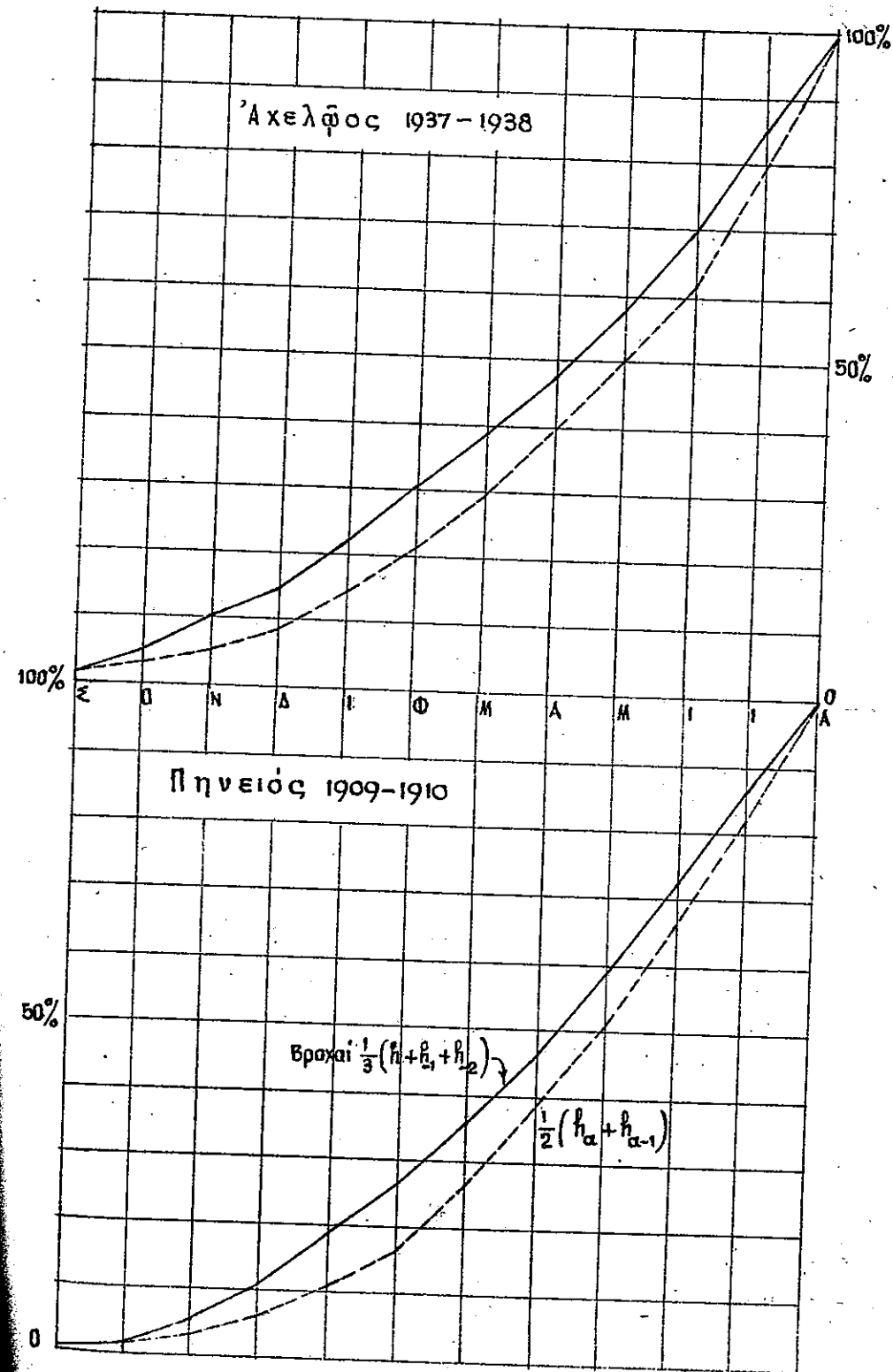
Βορραϊκός 1940-1941.

Σχ. 247. Ήριμδρασμα βροχών και άπορροών δύο συνεχών μηνών τούς έκατόν.

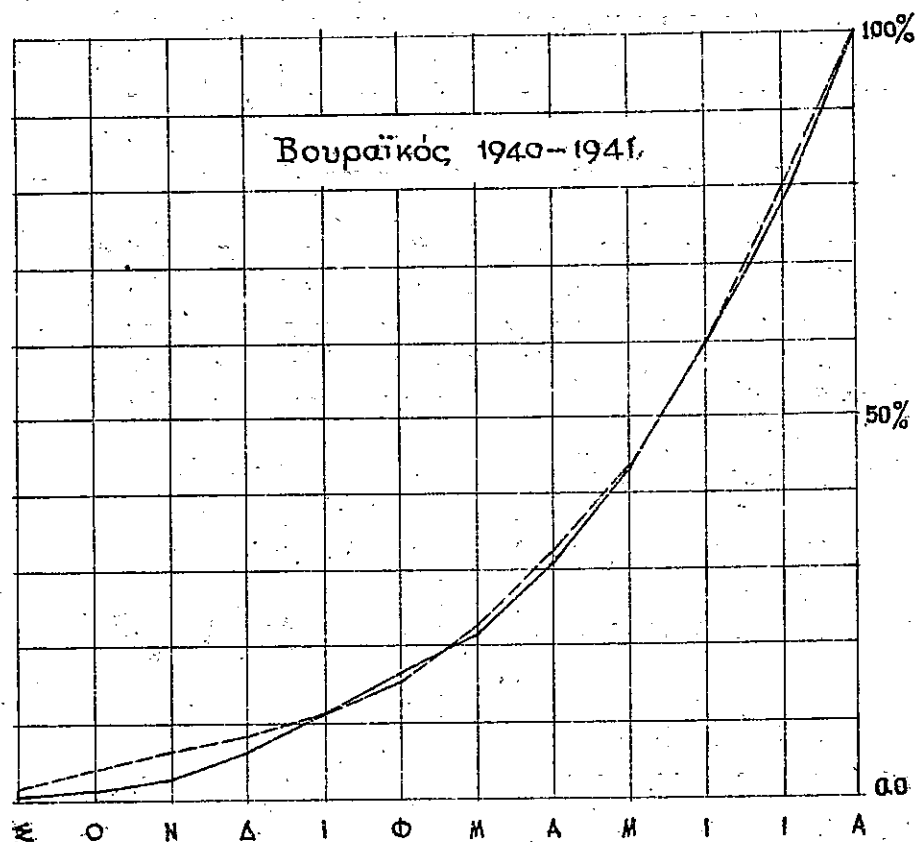


Άλιδκμων 1937-1938.

Σχ. 248



Σχ. 248.



Σχ. 248. — Ημιαθροίσμα άπορροών δύο συνεχών μηνών εις άθροιστικήν εκατοστιαίαν άναλογίαν συναρτήσει άθροίσματος τριών μηνών βροχών εις άθροιστικήν εκατοστιαίαν άναλογίαν.

άπορροής — διαπνοεξατμίσεως (βλ. εχήμα 248), όπερ δίδεται διά της εξισώσεως:

$$h = h_{\alpha} + h_{\delta\epsilon} + (h_{\epsilon\pi} - h_{\epsilon\tau})$$

όπου h τό ύψος βροχής, h_{α} τό ύψος άπορροής, $h_{\delta\epsilon}$ τό ύψος άπωλειών διαπνοής φυτών και έξατμίσεως του έδάφους, $h_{\epsilon\pi}$ τό έντός του έδάφους διηκδύμενον ύδωρ διά την έπαναπλήρωσιν των άπαιτήσεων αυτού εις ύγρασίαν και $h_{\epsilon\tau}$ τό υπό του έδάφους άποδιδόμενον ύδωρ εις την επιφανειακήν άπορροήν.

Ο όρος $h_{\epsilon\pi} - h_{\epsilon\tau}$ έχει θετικόν σημεῖον όταν επαναπληροῦνται τό υπέδαφος (Rückhalt, basin-recharge) και άρνητικόν σημεῖον όταν τούτο κενούται ή στραγγίζεται (Aufbrauch, basin-depletion).

Λοθέντος ότι εις τό τέλος έκάστου υδρολογικοῦ έτους ίσχύει ή σχέσις:

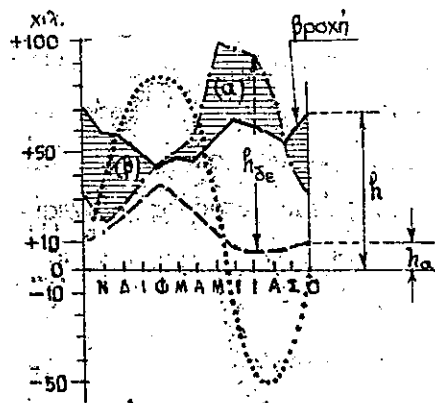
$$h = h_{\alpha} + h_{\delta\epsilon}$$

θα πρέπει τό άθροισμα των μηνιαίων όρων επαναπληρώσεως και εκκενώσεως του έδάφους να ίσούται με μηδέν ήτοι, δι' έν κανονικόν έτος θα έχωμεν:

$$\sum_0^{12} (h_{\epsilon\pi} - h_{\epsilon\tau}) = 0$$

Είς τό εχήμα 249 δίδεται τό ίσοζύχιον των μέσων παρατηρήσεων εις τήν Ιπκούανα (παρα τόν σταθμόν Παρισιών) διά την πεντηκονταετίαν 1851-1900). Η καμπύλη της βροχής (παχία γραμμή) άποτελείται από τό άθροισμα της καμπύλης της άπορροής (διακεκομμένη γραμμή) εις ήν προστίθεται ή καμπύλη των άπωλειών (μικτή γραμμή) και άφαιρείται ή καμπύλη του εκκενουμένου ύδατος $[-(h_{\epsilon\pi} - h_{\epsilon\tau})]$ (βλ. τμήμα α) ή προστίθεται ή καμπύλη του επαναπληρουντος τό υπέδαφος ύδατος.

Η άθροιστική καμπύλη των προσεδαφαιρουμένων ποσοτή-
(φ 22)



Σχ. 249. Μηνιαίον υδρολογικόν ισοζύγιον του Σηκουάνα ποταμού.

των $\left(\frac{12}{\alpha} (h_{\text{επ}} - h_{\text{ετ}}) \right)$ δίδεται δια της ημερησίης γραμμής και κλείει εις τό τέλος του έτους (άθροισμα μηδέν).

Ανάλογαί καμπύλαι δέν έχουσιν παρασκευασθῆ παρ' ημῶν, ὅπως νά αναμένωνται διάφοροι από την ανωτέρω ήτις αντιπροσωπεύει μάλλον ήπειρωτικόν κλίμα μέ μεγάλας βροχάς τό θέρος. Έν Ἑλλάδι εἰν αἱ βροχαί - ὑποδέσμευεν τοῦ αὐτοῦ μέ τὰς ημερησίας ὑψους - ἐπιπτον τό θέρος, ὅποτε

καί ἡ ἐξάτμισις εἶναι μεγάλη, ὅα ἔπρεπεν νά αναμένωμεν πολύ μικρότερας ἀπορροάς πρὸς ἐκμετάλλευσιν (γραχματα ἀποθηκεύσεως, πτώσεις, κ.τ.τ.) παρὰ ὑπὸ τὰς ημερινάς συνθήκας διαίτης.

Γ. Αἱ καθέκασται ἀπορροαί - Πλήμμυραι.

Ἀληθῆ εἰκόνα υδρογραφήματος ἑνὸς ποταμοῦ δύναμεθα νά λάβωμεν μόνον ἐκ τῶν συνεχῶν αὐτογράφων σταθμημέτρων δι' ἀνάγκης αὐτῶν μέσω της καμπύλης στάθμης - παροχῆς.

Ἐπὶ τοῦ υδρογραφήματος αὐτοῦ πλέον ἀναχινώεσθαι ἡ διαίτα τῶν ἀπορροῶν ἀλλὰ καί αἱ κρίσιμαί τιμαί αὐτῶν ἥτοι αἱ αἰχμαί ἢ αἱ μέγισται ἀπορροαί, ἢ πλήμμυραι, αἱ ἐλάχισται τιμαί ἢ ξηραδαί καί αἱ μέσαι ἐπίσαι τιμαί.

Εἰς πλείστα ὅμως ρεῦματα - ἰδίᾳ ἐν Ἑλλάδι - δέν ὑπάρχουν ἀντίγραφά σταθμημέτρου, οὐδὲ καν σταθμημετρικάί πήλεις, ἢ καί ὅπου ὑπάρχει ἐν ἐκ τῶν δύο ἡ λειτουργία ἐπεκτείνεται εἰς μικρόν χρονικόν διάστημα ὥστε νά μή καλύπτει τὰς μέγιστας τιμάς τῶν αἰχμῶν ἢ τὰς ἐλάχιστας τιμάς της ξηραδαί (διὰ ὑδροκρίαν πα-

ρατηρήσεων περισσότερων ἐτῶν).

Διὰ πολὺν χρόνον εἰσέτι ὁδὸν οἱ μελετῆται ὑδραυλικῶν ἔργων θά καταφεύχουν εἰς ἐμπειρικάς ἢ θεωρητικάς μεθόδους πρὸς ὑπολογισμόν τῶν κρισίμων τιμῶν τῶν υδρογραφημάτων συναρτήσαι τῶν βροχῶν ὅπως γίνεται τοῦτο διὰ τὰς μέσας ἐπείας ἢ μηνιαίας τιμάς. Ἐγγυτέρᾳ μελέτῃ τῶν υδρογραφημάτων ἀποδεικνύει ὅτι αἱ αἰχμαί ἢ πλήμμυραι προέρχονται κυρίως ἀπὸ συνεχεῖς ἰσχυρὰς βροχάς ἐνισχυομένας ἀπὸ τῆς χιόνος ὅπου αὕτη ὑπάρχει, πιπτούσας κυρίως ἐπὶ κεκορεσμένον ἔδαφος.

Εἶναι εὐνόητον ὁδὸν ὅτι πλὴν τῶν καθαρῶς ἐμπειρικῶν τύπων, κατεβλήθη προσπάθεια συσχετίσεως βροχῶν καί ἀμέσων ἐξ αὐτῶν ἀπορροῶν διὰ πολλῶν μεθόδων, ἐξ ὧν τινες εἶναι λίαν ἀξιόλογοι.

1. Εμπειρικοὶ τύποι.

Εἰς προηγούμενον κεφάλαιον ἐδόθη ἡδὴ ἀριθμός ἐμπειρικῶν τύπων διὰ τὸν ὑπολογισμόν της μέγιστης δυνατῆς τιμῆς της ἀπορροῆς ἀμβροδύχων λεκανῶν ἐπὶ τῇ βάσει της ἐκτάσεως καί μόνον της λεκάνης (βλ. κεφ. IV, Γ, 2. σελίς κ.ε.ε.).

Ἡδὲ ἐπιζητούμεν τὴν μέγιστην τιμὴν της ἀπορροῆς συναρτήσει καί τοπικῶν υδρολογικῶν στοιχείων.

α) Ἡ Αὐστριακὴ υδρολογικὴ Ὑπηρεσία δίδει τὸν τύπον:

$$(2) \quad Q = a \left(\frac{h_{\text{α}}}{3600} \cdot 10^3 \cdot 25 + \frac{h_{\text{β}}}{86400} \cdot 10^3 (A - 25) \right)^{3/5} \frac{h}{A} \frac{\text{χιλ.}}{\text{km}^2}$$

α ἐκ τῶν πινάκων τοῦ Iszkowski ἢ ἐκ τοπικῶν παρατηρήσεων.

$$E = 121 \text{ km}^2 \quad h_{\text{α}} = 58 \quad h_{\text{β}} = 62 \text{ χιλ.} \quad a = 0,72 \quad \text{max } Q = 340 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

β) Τύπος Iszkowski.

$$(1) \quad Q = 10^3 \cdot c \cdot m \cdot h \cdot A \text{ m}^3/\text{sec}$$

ἔνθα h ἐπείσον ὕψος βροχῆς εἰς χιλ/στὸ καί A λεκάνη εἰς χιλμ².

Ἐνταῦθα ὁ μὲν συντελεστής, m εἶναι συνάρτησις της ἐκτάσεως

της λεκάνης, ὃ δὲ συντελεστής C ἐξαρτᾶται ὡς καὶ εἰς τὸν τύπον 7 ἐκ τῆς διαμορφώσεως τοῦ ἐδάφους ἀλλὰ καὶ γενικώτερον τῆς φύσεως αὐτοῦ ὥστε νὰ κατατάσσονται εἰς τέσσαρας ομάδας ὡς ἀκολουθῶς :

	Ο μ α δ ε ς			
	I	II	III	IV
Πεδιὰδες.....	0,017	0,030	—	—
Κοιλῶματα καὶ ὑψίπεδα...	0,025	0,040	—	—
Πεδινολοφῶδεις περιοχαί...	0,030	0,055	—	—
Ὀμαλοὶ λόφοι.....	0,035	0,070	0,125	—
Ἡμισορεινοὶ ἢ ἰσχυροὶ λόφοι...	0,04	0,082	0,155	0,400
Ελαφρῶς ὄρεινὰ ἐδάφη...	0,045	0,10	0,190	0,450
Ὀρεινὰ ἐδάφη.....	0,05	0,120	0,225	0,500
Μεγὰλα ὄρη.....	0,055	0,140	0,290	0,55
Υψηλὰ ὄρη ἀναλόγου κλίσεως αὐτῶν.....	0,06—0,08	0,160—0,210	0,36—0,60	0,60—0,80

Ὅπου αἱ ομάδες I ἕως IV περιλαμβάνουν τὰς ἀκολουθοῦσας κατηγορίας ἐδαφῶν :

Ὀμάς I. Δι' ὅλας τὰς κλίσεις ἀλλὰ διὰ διαπερατὰ ἐδάφη μὲ κανονικὴν φυτεῖαν ἢ διὰ μικτὰ ἐδάφη, μὲ ἀφθονον βλάστησιν ἢ δι' ἀγρούς.

Μέχρι ἐκτάσεως $A=4000 \text{ χλμ}^2$ καὶ διὰ μικρὰς λεκάνας μὲ ὑψηλὴν εἰσάμην ὑπογείων ὑδάτων δίδει μικρὰς ἀπορροάς. Δεόν ὅθεν νὰ ἐφαρμόζεται μέχρι $A=1000$ ἢ δευτέρω Ὀμάς, καὶ δι' $A=1000-4000 \text{ χλμ}^2$ συνδυασμός τῆς I καὶ II Ὀμάδος.

Ἡ Ὀμάς I ἰσχύει δι' $A < 1000$ μόνον διὰ λίαν διαπερατὰ ἐδάφη.

Ὀμάς II. Δι' ἐδάφη μικτῆς ευστάσεως μὲ κανονικὴν βλάστησιν εἰς λοφῶδεις καὶ ὄρεινὰς περιοχὰς ἢ εἰς ὀλιγώτερον διαπερατὰ ἐδάφη μὲ κανονικὴν βλάστησιν εἰς τὰς πεδιάδας καὶ ὀμαλὰς κυματοειδεῖς ἐκτάσεις. Διὰ μεγάλας ἀνωμαλίας τοῦ ἐδάφους δι' A μέχρι 150 χλμ^2 ἐφαρμόζεται ἡ Ὀμάς III, δι' $A=150-1000 \text{ χλμ}^2$ συνδυασμός τῶν ὀμάδων II καὶ III, καὶ διὰ μεγαλυτέρας ἐκτάσεις ἡ Ὀμάς II.

Ὀμάς III. Δι' ἀδιαπερατὰ ἐδάφη μὲ κανονικὴν βλάστησιν εἰς ἀποτομώτερα λοφῶδη καὶ ὄρεινὰ ἐδάφη μέχρις ἐκτάσεως $A=5000 \text{ χλμ}^2$.
Δι' $A=5000-12000 \text{ χλμ}^2$ συνδυασμός τῶν ὀμάδων II καὶ III, δι' $A > 12000$ ἡ Ὀμάς II ἢ συνδυασμός I καὶ II. Διὰ μικρὰς ἐκτάσεις μὲ ἰσχυροτέρας κλίσεις ἕως $A=50 \text{ χλμ}^2$ ἐφαρμόζεται ἡ Ὀμάς IV καὶ δι' $A=50-300 \text{ χλμ}^2$ συνδυασμός III καὶ IV.

Ὀμάς IV. Διὰ πολὺ ἀδιαπερατὰ ἐδάφη μὲ σπανίαν ἢ οὐδεμίαν βλάστησιν καὶ ἀποτόμους κλιτεῖς.

Ὁ συντελεστής m ἐξαρτῶμενος μόνον ἐκ τῆς ἐκτάσεως τῆς λεκάνης δίδεται ὑπὸ τοῦ Iszkowski διὰ τοῦ κατωτέρω πίνακος :

A	m	A	m	A	m
1	10.000	700	5,35	20.000	2,909
10	9,5	1000	4,70	40.000	2,693
20	9,0	1400	4,32	70.000	2,365
30	8,5	1800	3,96	100.000	2,050
50	7,95	2000	3,775	120.000	1,920
70	7,60	2,500	3,613	160.000	1,65
90	7,43	3,000	3,45	180.000	1,425
100	7,40	4,000	3,25	200.000	1,350

A	m	A	m	A	m
150	7,10	5.000	3,125	225.000	1,175
200	6,87	6.000	3,103	250.000	1.000
250	6,70	7.000	3,082		
300	6,55	8.000	3,06		
400	6,22	9.000	3,038		
500	5,90	10.000	3,017.		

Επί πλέον ο Iszkowski δίδει διά την εξαιρετικήν παροχήν Επρασίας (κ.κ.γ) και την κανονικὴν κατωτάτην σταθμὴν τὰς ἀκολουθούσας τιμὰς:

$$Q_{κ.κ.γ} = 0,2 \cdot \gamma \cdot Q_{\mu}.$$

$$Q_{κ.γ} = 0,4 \gamma \cdot Q_{\mu}.$$

ἐνθα Q_{μ} ἡ μέση ἔμπεδα ἀπορροή ἢ διδόμενη εἰς τὸν τύπον 7 τῆς προηγουμένης παραγράφου (§ 4) ὃ δὲ συντελεστής γ δίδεται διὰ τοῦ ἀκολουθοῦντος πίνακος:

Πίναξ προσδιορισμοῦ τοῦ γ.

1. α	γ = 1	Μέσας τιμὰς ἐδαφῶν μὲ κανονικὴν βλάστησιν
β	1,5	εἰς τὰ διὰ λιμνῶν διευθετούμενα ρεύματα
γ	0,4	δι' ἐδάφη ὡς ἐπὶ τὸ πολὺ διαπερατὰ καὶ ὀλίγας βλαστῆσας
	μέχρι 0,8	δι' ἐδάφη ὡς ἐπὶ τὸ πολὺ διαπερατὰ μὲ περισσεύσαν βλάστησιν.
δ	1-1,5	εἰς ἐδάφη ἀδιαπερατὰ χθαμαλῶν ἐκτάσεων
ε	0,8-0,5	εἰς ἐδάφη ἀδιαπερατὰ λοφωδῶν ἐκτάσεων, ἐλαττωμένον σὺν τῇ ἐλαττώσει τῶν φυτειῶν
στ	0,6-0,3	ὡς ἐν ε) ἀλλὰ εἰς ὄρη καὶ μικρὰ ρυάκια κατερχόμενα μέχρι μηδενός.

2. α) διὰ $E \leq 200 \text{ χιλ}^2$ καὶ πολλὴν βλάστησιν τὸ ἀνωτέρω γ δεῖν νὰ αὐξάνεται κατὰ 25%.
 β) διὰ $200 < E < 20.000$ μένει τὸ γ ἀμετάβλητον.
 γ) " $20.000 < E < 50.000$ τὸ γ ν' αὐξάνη κατὰ 0-15%
 " $50.000 < E < 100.000$ " " " 10-50%
 " $100.000 < E < 200.000$ " " " 50-100%
3. Ὅσον ἡ διανομὴ τῶν βροχῶν εἶναι κανονικωτέρα τόσον μεγαλείτερον λαμβάνεται τὸ γ, καὶ δύναται εἰς κλίματα θαλάσσια νὰ αὐξηθῇ μέχρι 50%.

γ) Ὁ Passenti δίδει διὰ τὴν μεγίστην παροχὴν τὸν τύπον:

$$(3) \quad Q_{\max} = \frac{C \cdot h}{L} \left(A_0 + \frac{A_{\pi}}{3} \right) \quad (m^3/\delta\lambda on)$$

ἐνθα ἡ τὸ ὕψος βροχῆς τοῦ εἰκοσιτετραώρου εἰς χιλιοστὰ A_0 αἱ A_{π} ἡ ὀρεινὴ καὶ πεδινὴ ἔντασις τῆς λεκανῆς εἰς $\chi\lambda\mu^2$, L τὸ μέγιστον μῆκος τῆς λεκανῆς εἰς χιλιόμετρα καὶ C συντελεστής κυμαίνωντος ἀπὸ 0,600-0,800 ἀναλόγως τῶν συνθηκῶν ἑκροῆς.

Διὰ Ἑλληνικὰς συνθήκας δὲν ὑπάρχουν τοιοῦτοι τύποι. Κατωτέρω δίδεται πίναξ τῶν εἰδικῶν ἀπορροῶν αἵτινες ἐσημειώθησαν εἰς διὰφορα ρεύματα τῆς πεδιδόου θεο/κῆς κατὰ τὴν πλήμμυραν 9-12 Δεκεμβρίου 1935 (ἐξ ἀνεκδότων στοιχείων Α. Σίνου).

Εἰς τὸν πίνακα περιλαμβάνονται καὶ αἱ μέγιστα παροκαὶ ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ὁποίων ὑπελογίσθησαν τὰ ἔργα τῆς πεδιδόου.

Μέγισται υπολογισθείσαι παροχαί πλημμυρών των χει-
μάρρων και ποταμών της πεδιάδος Θεσ/κης
κατά τις 9-12 Δεκεμβρίου 1935.

Ρ ε ὺ μ α	Επιφάνεια ἀπορροῆς km ²	Αρχικὴ λη- φθεῖσα πα- ροχὴ (εἰς με- λέτην καὶ ἐκτελέσειν) m ³ /sec	Υπολογισθεῖ- σα παροχὴ (ἐκτιμηθεῖ- σα ἀπὸ ἐπι- τύπου στοί- χείου)	Εἰδικὴ ἐκ- ροή (δυνάμει καὶ δόλῳ)	Ἡμερομην.
1) Ἀεῖος (εἰς πλν. στενὴν κοι- τὴν ἐξόδου)	22237	3500	2445	0.09	11-12-35
2) Ἀλιανῶν (Μόλοβου) 8795	3448	4040	0.46	0.46	10-12-35
" (Κόκοβα) 6570	2158	3300	0.50	0.50	" " "
3) Περιφερειακὴ διώρυξ :					
ἐτόμιον ἐκροῆς	2021	1572	11.75	(0.58)	" " "
" εἰροῆς	1409	1198	840	(0.595)	" " "
4) Μογλενίτσα.....	999	1085	850	0.85	" " "
5) Δυτικῶς Μογλενίτσης.....	65	—	130	2.00	9. " "
6) Γαλλικός.....	1000	700	635	0.635	" " "
7) Βόδας.....	262	367	285	1.09	" " "
8) Ἀγιάκ.....	260	140	173	0.665	10-12-35
9) Ἀγὰ Ντερέ.....	166	350	635	3.82	" " "
10) Ἀραπίτσα	170	349	152	1.54	" " "
11) Καλέ Μαρέκα			110		
12) Σελιμλή.....	93	80	112	1.20	10-12-35
13) Τσιναρλή.....	56	85	59	1.055	" " "
14) Τσεκρέ.....	40	65	51	1.275	" " "
15) Ικρόπ.....	52	—	180	3.46	" " "
16) Κούτικας.....	66		125	1.89	" " "

Ἐν τῇ εἰδικῇ βιβλιογραφίᾳ εὐρίσκεται πλῆθος τοιού-
των ἐμπειρικῶν τύπων, οἵτινες εἶναι ἐξαγόμενα μετρήσεων
εἰς καθορισμένας ὑδρολογικὰς λεκανὰς καὶ ἰσχύουσιν ὑπὸ τῆς αὐ-
τῆς γεωλογικῆς καὶ μετεωρολογικῆς συνθήκης ὡς καὶ συν-
θήκης βλαστήσεως.

Ἡ μεταφορὰ αὐτῶν εἰς ἄλλας λεκανὰς δίδει ἀπο-
τελέσματα μεγάλως διαφέροντα μεταξὺ των καὶ παύον-
τα ἐπομένως νὰ ἔχουν οἰσυνδήποτε ἀξίαν.

Αἱ καταπληκτικαὶ διαφοραὶ ποὺ δίδονται ὑπὸ
τοῦ τύπου τοῦ Iszkowski ἐξηγοῦν ἀκριβῶς τὸ φαινόμενον τοῦτο.
[C = 0,017 - 0,85 (!)] καὶ εἰδοποιοῦν τοὺς τεχνικοὺς ὅτι βασικὸν
δεμὰ παραμένει ὁ καθορισμός, ὅλων ἐκείνων τῶν στοιχείων
τῆς λεκάνης ἐξ ὧν θὰ δύναται νὰ υπολογισθῇ ἡ ὑδρολογικὴ
δίαίτα αὐτῆς ἐκ τῆς πορείας τῶν μετεωρολογικῶν φαινομέ-
νων.

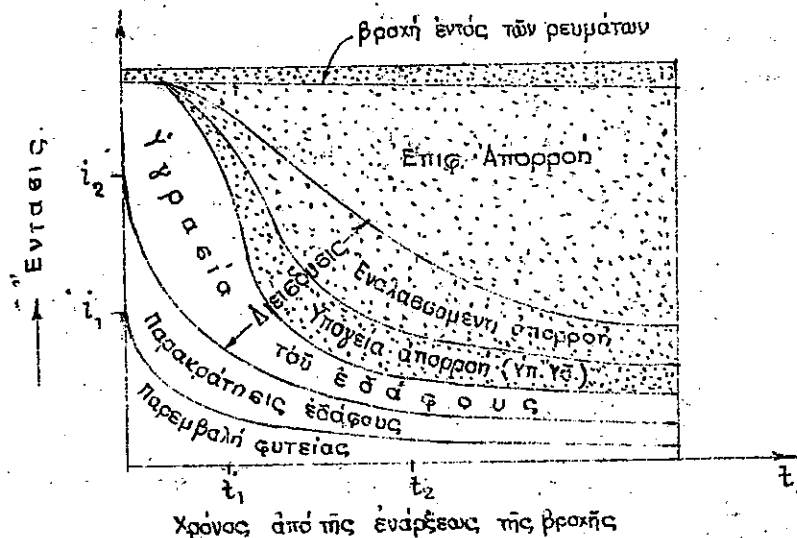
2. Γενικὴ θεωρητικὴ ἐρευνα.

Πρὶν ἢ ἐκτεθῶσιν αἱ μέχρι σήμερον εοφαιότεραι ἐκτε-
θεῖσαι μέθοδοι υπολογισμοῦ τῶν ἀπορροῶν ἐκ τῶν βροχῶν
ἐκσπινόμεν θὰ ἦτο νὰ ἀνακεφαλαιωθῶν τὰ προηγουμένως λεχθέν-
τα ἐν τῇ συνόλῳ των ἵνα δοθῇ πλήρης εἰκὼν τῶν φαινομένων
τῆς κυκλοφορίας τοῦ ὕδατος ἐπὶ τῆς γῆς.

Εἰς τὸ σκῆμα 250 δίδεται ἐπιτυχὴς γραφικὴ παράστα-
σις ἐντάσεως τῶν διαφορῶν κατὰ μέρος ὑδρολογικῶν στοιχείων
συναρτήσεως τοῦ χρόνου ἀπὸ τῆς ἐκάρξεως τῆς βροχῆς.

Ἡ ἐστιγμένη ἐπιφάνεια παριστᾷ τὸ τμήμα ἐκεῖνο τῆς βρο-
χῆς ὅπερ τελικῶς δύναται νὰ καταγραφῇ ὡς ἀπορροή ἐκ ἐπι-
μήμετρον καὶ αὐτὴ μελετωμένης λεκάνης. Βροχὴ ἐντάσεως I , καὶ
διαρκείας t , εἶναι δυνατόν νὰ μὴ δώσῃ αὐδεμίαν ἀπορροήν,
ἀπορροφουμένη ὑπὸ τοῦ ἐδάφους καὶ τῆς φυτείας. Βροχὴ διαρ-

κείας t_2 καὶ ἐντάσεως i_2 ἐξ ἄλλου εἶναι δυνατόν νὰ δώσῃ ἱκανήν ἀπορροήν. Διὰ βροχήν σταθερᾶς ἐντάσεως καὶ μακρᾶς



Σχ. 250. Διάγραμμα τῶν υδρολογικῶν στοιχείων (Linsley, Kohler & Paulus)

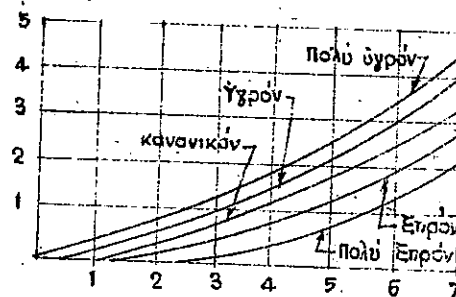
διαρκείας ἡ ἀπορροή ἄρχειται ἐκ τοῦ μηδενός, συνεχῶς αὐξάνουσα καὶ δύναται νὰ φθάσῃ εἰς ὅρισμένον ποσοστὸν, σχετικῶς σταθερόν, τῆς πιπτούσης βροχῆς. Τὸ ποσοστὸν τοῦτον ὡς καὶ ἡ ὅλη ἀπορροή ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὴν ἐντάσιν τῆς βροχῆς.

Ἡ τιμὴ τῆς ἐναλασσομένης ἀπορροῆς (ἥτις παρουσιάζεται εἴτε ὡς ἐπιφανειακὴ εἴτε ὡς ὑπογεία ἀπορροή) εἶναι ἀσταθής καὶ καταλήγει εἰς θέμα καθαρὸν ὁρολογίας.

Ἐὰν χωρίσωμεν ἀπὸ ὅλα τὰ ἥδη τῶν ὑδάτων, εἰς ἃ μετατρέπεται ἡ βροχή, τὴν ἐπιφανειακὴν ἀπορροήν τὰ ὑπολοιπα δύναμεθα νὰ χαρακτηρίσωμεν ὑπὸ τὸ γενικὸν χαρακτηρισμὸν "ἐπαναπλήρωσις τῆς λεκάνης" (βλ. καὶ ἀνωτέρω σελ. 272, 273.) διότι πράγματι, ὅσον νὰ καλυφθῶσιν ὅλαι αἱ ἀνάγκαι αὐταὶ μιᾶς λεκάνης ἵνα αὕτη θεωρηθῇ πληρωθεῖσα καὶ νὰ ἀρχίσῃ μετὰ ταῦτα νὰ ἀποδίδῃ συνεχῇ ἔλευ-

θερίαν ἐπιφανειακὴν ἀπορροήν.

Ἀπὸ πρακτικῆς πλευρᾶς ὁθεν ἡ ἀπορροή ἐκφράζεται συναρτήσεϊ τοῦ ὕψους τῆς βροχῆς, (ὡς τοῦτο ἐγένετο ἤδη εἰς τὴν ἀνωτέρω παράγραφον) ἡ συνάρτησις τοῦ ὕψους τῆς βροχῆς καὶ τῆς περιεκτικότητος εἰς ὑγρασίαν (βλ. λ.χ. σχῆμα 251) ἡ συνάρτησις τῆς βροχῆς καὶ ἀναπληρώσεως τῆς λεκάνης.



Σχ. 251. Ἀπορροή συναρτῆσαι βροχῆς καὶ ὑγρασίας ἐδάφους

Ὁμοίως, δι' ὁρισμένα τουλάχιστον κλίματα, ἡ ἀπορροή διόδεταί ὡς συνάρτησις τῆς βροχῆς καὶ τῆς ἐξατμίσεως τοῦ ἐδάφους, ἔνθα αὕτη ὑπολογίζεται ἴση με 90/100 τῆς ἀπωλείας ὑγροῦ ἐξατμιδομέτρου (ἐξατμίσεως ὕδατος).

Πρὸς ἐχγύτερον ὑπολογισμὸν τῆς ὑπαρχούσης, κατὰ τὴν ἐναρξιν μιᾶς βροχῆς, ὑγρασίας τοῦ ἐδάφους, χρησιμοποιεῖται ἐνίοτε ὁ "δείκτης" τῆς προηγηθείσης βροχῆς. Ὁ δείκτης οὗτος διόδεταί, συνήθως, ὑπὸ τοῦ τύπου:

$$P_a = b_1 h_1 + b_2 h_2 + b_3 h_3 + \dots + b_t h_t$$

ἔνθα h_t τὸ ὕψος βροχῆς πρὸ t ἡμερῶν, καὶ b_t σταθερά διὰ τὴν ἡμέραν ἐκείνην.

Συνήθως ὁ συντελεστὴς b_t λαμβάνεται ἴσος πρὸς $1/t$ ἥτοι διὰ βροχὴν ὕψους h_3 πεσοῦσαν πρὸ 3 ἡμερῶν ὁ δείκτης εἶναι $1/3$ κ.ο.κ.

Ἐνίοτε τίθεται $b_t = k^t$ ἔνθα k εἶναι μίᾶ σταθερά. Τότε ὁ δείκτης τῆς προηγηθείσης βροχῆς διὰ t ἡμέρας θὰ ἴσού-

ται μέ :

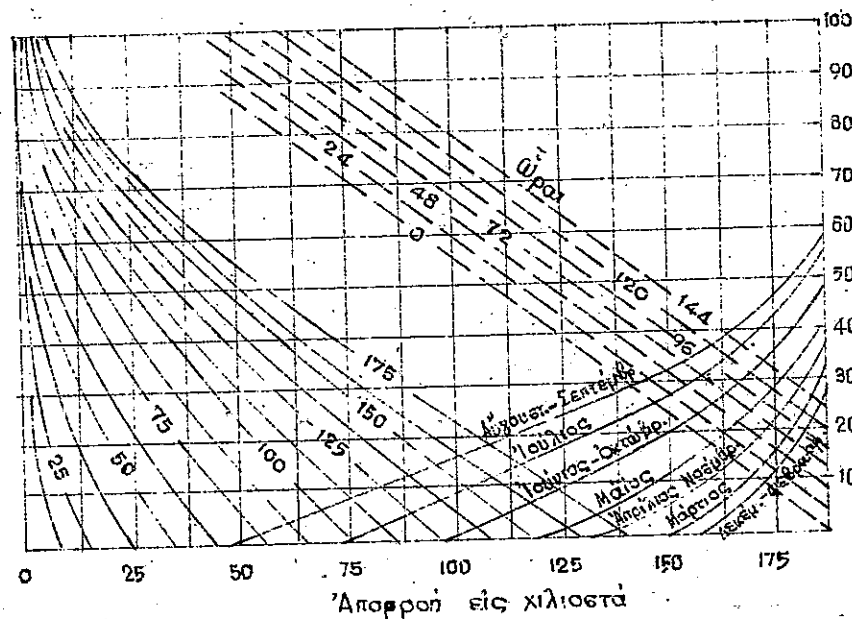
$$P_{at} = P_{ao} k^t$$

και εάν $t=1$ ημέρα

$$P_{a1} = k \cdot P_{ao}$$

ήτοι ο δείκτης οιασδήποτε ημέρας (P_{ai}) ισούται με τον της προηγούμενης ($P_{a,o}$) πολλαπλασιαζόμενον επί k . Ο συντελεστής ούτος διά τας Η.Π.Α. ευρέθη κυμαίνόμενος από 0,76 ÷ 0,94.

Είς το σχήμα 252 δίδεται τρόπος υπολογισμού της απορροής συνάρτησις: του δείκτου της προηγούμενης βροχής, του μηνός καθ' ην ζητείται η απορροή, της διάρκειας της πεσοῦσης βροχής και του ὕψους αὐτῆς (Μετεωρολογικὴ ὑπηρεσία Η.Π.).

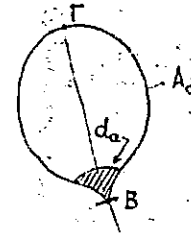


Σχ. 252. Υπολογισμός απορροής συνεπεία προγενεστέρων βροχών και της πεσοῦσης.

3. Η κινηματική θεωρία.

Η γενική αὐτὴ θεωρία, καλουμένη ἐνίστε και ὀρθολογι-

ετική, βασίζεται εἰς τὴν ἀρχὴν ὅτι ἡ ἀπορροή ἐκ μιᾶς λεκάνης A_0 εἰς τὸ σημείον B τοῦ ρεύματος, ἄρχεται σχεδὸν ταυτοχρόνως μετὰ τὴν βροχὴν ὅποτε ἀπορρέει τὸ ἀπειροστικὸν τμήμα τῆς λεκάνης da καὶ τελειώνει ὅταν ἡ τελευταία βροχή ἢ πεσοῦσα εἰς τὸ πλεόν ἀπομετακρυσμένον σημείον Γ τῆς λεκάνης φθάσει εἰς τὸ σημείον B ὅποτε παύει καὶ ἡ ἀπορροή.



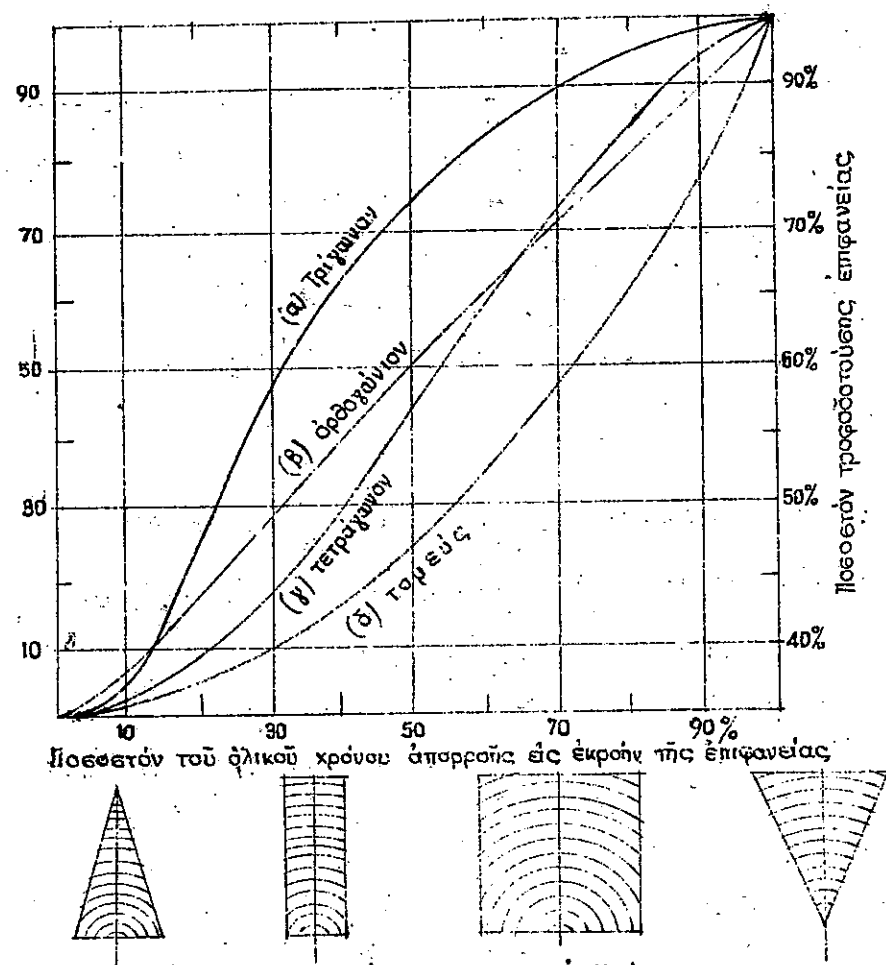
Σχ. 253. Ἀπορροή

Βεβαίως καὶ εἰς τὴν μέθοδον αὐτὴν δεόν νὰ ἀφαιρεθῶσιν ὅλαι αἱ χυαται ἀπώλειαι (βλ. κεφ. III) καὶ ὅη κατὸ τρόπον κατὰ τὸ δυνατόν πλησιάζονται τὴν τοπικὴν καὶ χρονικὴν μεταβολὴν αὐτῶν, ἐνῶ παραλλήλως δεόν κατὰ τὸ δυνατόν νὰ ὑπηρεσέχεται καὶ ἡ διάτα τῶν μετεωρικῶν καταπτώσεων (ἐντασις, διάρκεια καὶ τοπικὴ διανομὴ τῆς βροχῆς).

Εἰς παραλλήλῳ ὅμως ἐνταῦθα εἰσέρχεται καὶ ὁ χρόνος διαδρομῆς τοῦ ὕδατος ἐπὶ τοῦ ἐδάφους, διὰ τοῦ ἐδάφους (διεισδυσις μεταβαλλομένη πάλιν εἰς ἀπορροήν) καὶ ἐν τῷ τοῦ ρεύματος ἕως ὅτου τὸ ὕδωρ φθάσει εἰς τὸ σημείον B . Δεόν ὁθεν νὰ ὀριεθῇ ἡ ταχύτης τοῦ ὕδατος ἥτις διὰ τὰς τρεῖς αὐτὰς περιπτώσεις, ἐνδεχομένως εἶναι καὶ διάφορος.

Ἡ συσχέτισις τοῦ χρόνου διαδρομῆς, (συνήθως λαμβανόμενου ροιότητος μετὰ μιᾶν μέσιν τιμὴν) πρὸς τὴν διάρκειαν τῆς βροχῆς, ἀποτελεῖ ἓν βασικὸν στοιχεῖον διὰ τὴν διαμόρφωσιν τῆς καμπύλης ἀπορροῆς. Ἐτερον στοιχεῖον σημαντικὸν ἀποτελεῖ τὸ σχῆμα τῆς λεκάνης.

Οὕτω ἂν θεωρήσωμεν ὅτι ἡ λεκάνη δύναται νὰ ἔχῃ μιᾶν τῶν μορφῶν τῶν διδομένων ὑπὸ τοῦ σχήματος 254 τότε ἡ ἀπορροή αὐτῆς θὰ δίδεται ὑπὸ μιᾶν μορφήν τῶν καμπύλων τοῦ σχήματος ἀντιστοιχοῦσαν εἰς τὴν μορφήν τῆς λεκάνης.

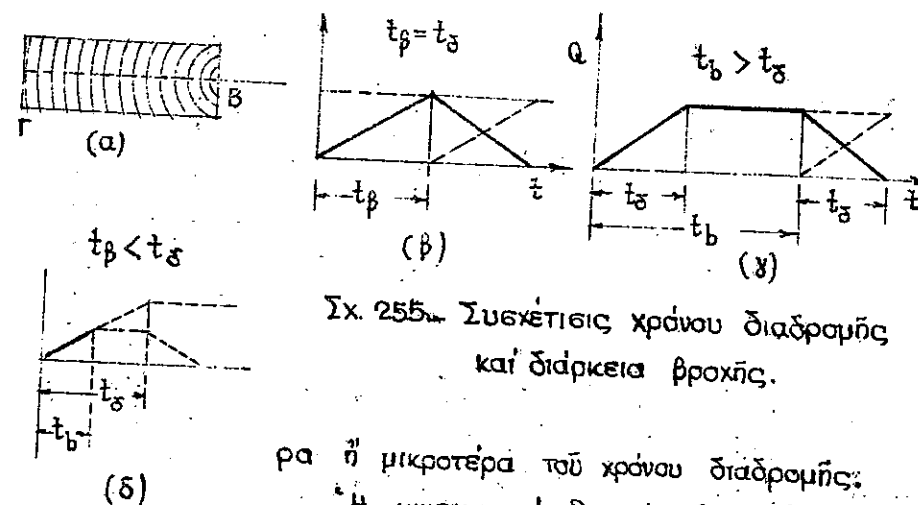


Σχ. 254. Μορφαι λεκανων και διαγραμμα απορροης αυτων.

Ως αναμένετο η ορθογωνιος μορφή της λεκάνης ορίζει την πλέον ομοιόμορφη απορροήν.

Η ευχετέις χρόνου διαδρομής και διάρκειας βροχής, εξ άλλου καταλήγει εις τας ακόλουθους μορφάς της απορροής.

Εάν κατέσωμεν τον χρόνον διαδρομής από ΓΒ με t_β την δε διάρκειαν της βροχής t_β τότε η απορροή λαμβάνει τας τρεις εν τῷ σχήματι 255 μορφάς (παχέαι γραμμαί) αναλόγως του αν η διάρκεια της βροχής είναι ίση, μεγαλύτε-



Σχ. 255. Συσχετίσεις χρόνου διαδρομής και διάρκειας βροχής.

ρα η μικροτέρα του χρόνου διαδρομής. Η κινηματική θεωρία εφαρμόζεται εις πλείετας μεθόδους. Κατωτέρω δίδονται αι τρεις πλέον χρησιμοποιηθείσαι εξ αυτών.

3^α Η μέθοδος Hauf-Vicari

Η γραφική αυτή μέθοδος, αναπτύχθηκε υπό του Hauf, εφαρμόσθη υπό του Vicari δια τον υπολογισμόν των μεγίστων απορροών των υπονόμων, δια τον οποίον και μένον κυρίως χρησιμοποιείται εήμερον εις την Γερμανίαν.

Ενταύθα μεταφέρεται η μέθοδος αυτή ως εκτίθεται εις την υδρολογίαν του Schaffernack (*).

Η μέθοδος επιζητεί τον καθορισμόν των υδρογραφημάτων πλημμύρας εις χαρακτηριστικά σημεία μιας λεκάνης με την βοήθειαν των εις την περιοχήν γνωστών καμπυλών βροχής,

(*) F. Schaffernack: HYDROGRAPHIE. Wien 1935. Η μέθοδος αυτή μεταφέρθηκε εις την Ελληνικήν και εξετυπώθη εις λιθογράφων υπό της Διευθύνσεως Υδραυλικών Κατασκευών (τμήμα μελετών) του Υπουργείου Γεωργίας προς χρήσιν των μηχανικών αυτής (1950).

των τμημάτων του συντελεστού απορροής διά τα διάφορα μορφολογικά παραλλόλαια τμήματα της λεκάνης ως και των χρόνων διαδρομής του ύδατος εις τα διάφορα ρεύματα συναρτήσει της μορφής της λεκάνης.

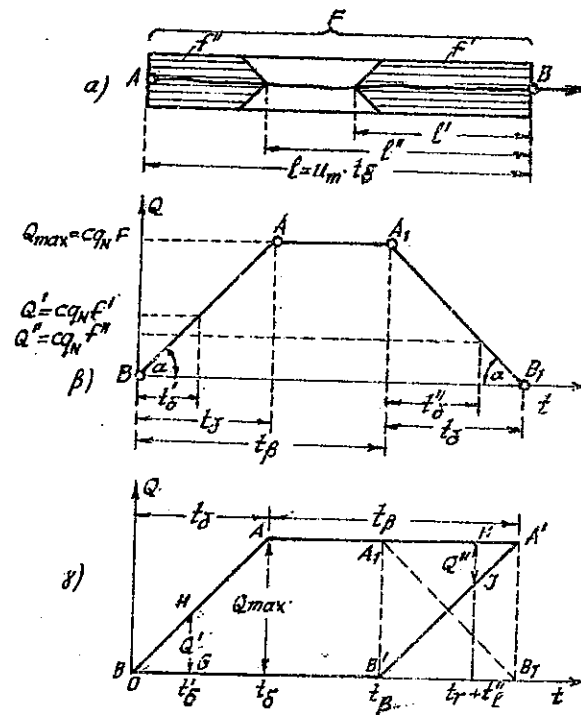
Η μέθοδος εις την αρχικήν της διαμόρφωσιν δέχεται ωριμένας απλουστεύσεις προς διευκόλυνσιν των γραφικών υπολογισμών. Προπαντός δέχεται την έντασιν της βροχής σταθεράν δι' ολόκληρον την επιφάνειαν της λεκάνης και καθ' όλην την διάρκειαν της βροχής ήτοι κατά το χρονικόν διάστημα t_β . Επίσης λαμβάνει τον συντελεστή απορροής ϕ σταθερόν καθ' όλην την διάρκειαν του φαινομένου της απορροής, ήτοι κατά το χρονικόν διάστημα της πτώσεως της βροχής t_β πύξημένον κατά τον χρόνον διαδρομής t_δ .

Η μορφή της λεκάνης απορροής δύναται να είναι τυχούσα, την φανταζόμεθα όμως συντεθειμένην από επιμήκη τμήματα έχοντα ορθογωνικήν μορφήν και το ρεύμα απορροής αυτών κείμενον περίπου εις τον άξονα συμμετρίας των τμημάτων τούτων (βλ. εχήμα 256α.).

Υπό τας άνωτέρω απλουστευτικάς προϋποθέσεις το διάγραμμα απορροών στοιχειώδους τμήματος λαμβάνει την έν τω εχήματι τραπεζοειδή μορφήν BAA₁B₁ (Σχ. 256 β).

Κατά π. χρονικήν στιγμήν t_δ η παροχή είναι $Q' = \phi q_N f'$, όπου f' η κατά την στιγμήν ταύτην τροφοδοτούσα επιφάνεια ή επιφάνεια συμμετοχής δηλ. τό τμήμα εκείνο της όλης επιφάνειας έξ ου κατά την θεωρηθείσαν χρονικήν στιγμήν προσέρχεται ή διά του Β έκρέσουσα παροχή και q_N ή σταθερά είδική απορροή(*) εις λ/δλον έκτ.

(*) βλ. μετατροπήν βροχής σταθεράς έντάσεως (i) εις απορροήν (q_N) εις σελίδα 122 στίχον 21..



Σχ. 256.

Ο χρόνος διαδρομής διδ την παροχήν Q' είναι:

$$t'_\delta = \frac{l'}{U_m}$$

όπου U_m είναι η μέση ταχύτης εις τό ρεύμα.

Καθ' όμοιον τρόπον προκύπτει ή μεγίστη δυνατή ποσότης απορροής $Q_{max} = \phi q_N F$ μετά χρόνον t_δ όστις είναι ο χρόνος διαδρομής $t_\delta = \frac{l}{U_m}$ μορίου εύρισκομένου εις την μεγίστην απόστασιν AB

από του Β και έν συνεχεία ή παροχή $Q'' = \phi q_N f''$ μετά χρόνον t''_δ από του τερματισμού της βροχής, όστις παριστά και τον χρόνον διαδρομής $t''_\delta = \frac{l''}{U_m}$ του τελευταίου απορρεύσαντος ήδη μορίου ύδατος.

Ο χρόνος ροής έκάστου μορίου έντός των στοιχειωδών επιμήκων τμημάτων αυτών της λεκάνης έχκαρείως προς τον άξονα τούτων μέχρι του άλλαικος παραλείπεται, παραδοχή άνεκτή λόγω της παραδοχής της μορφής του υπ' όσιν τμήματος.

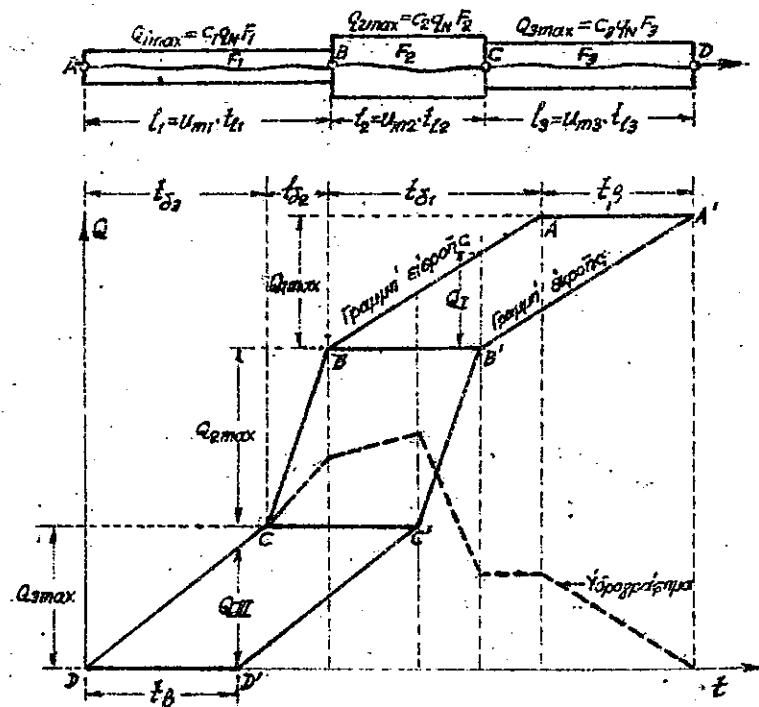
Τό διάγραμμα της παροχής μετασχηματίζόμεν προς απλοποίησιν της περαιτέρω γραφικής επεξεργασίας αντικαθιστώντας τό τρίγωνον A₁B₁B' (Σχ. 256 γ) με τό A₁B'A' ίσον προς αυτό και μέ άντιστοίχους ίσας τεταγμένες και αύτοι τό διάγραμμα παροχής μετατρέπεται εις τό παραλληλόγραμμον BAA' B'.

μέ ύψος τὸ $Q_{\max}$ καί δύο παραλλήλους πλευράς μήκους t_β .
Εἰς τὸ διάγραμμα τοῦτο αἱ ἀποτεμνόμεναι τεταγμέναι ΗΓ καί
ΚΤ δίδουν τὰς εἰς τὸν χρόνον t_β ἢ $t_\beta + t_\beta''$ ἀναμενομένας πα-
ροχὰς Q' καί Q'' .

Τὰ διαγράμματα πλημμυρῶν τῶν διαφόρων ὡς ἄνω τμη-
μάτων τῆς λεκάνης ἀπορροῆς συντίθενται εἰς ἐνιαῖον τοιοῦτον
τῆς ὅλης λεκάνης.

Δι' ἐπιμνηκεστέρους αὐλακας ἀπορροῆς ἢ με-
χρι τοῦδε γενομένη δεκτὴ σταθερὰ τιμὴ τῆς U_m δι' ἐκάστην
λωρίδα δέν εἶναι πλεόν παραδεικτὴ δεδομένου ὅτι ἡ αἱ πα-
ροχαὶ κατὰ μήκος τῆς ζώνης ταύτης παρουσιάζουν μεγάλας
διαφοράς ἢ ἡ κλίσις τοῦ πυθμένου μεταβάλλεται ἰσχυρῶς.

Χωρίζομεν ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει τὴν λωρίδα εἰς περιε-
σότερα τμήματα 1, 2, 3, ... (Σχ. 257), σχεδιάζομεν διὰ τὰ

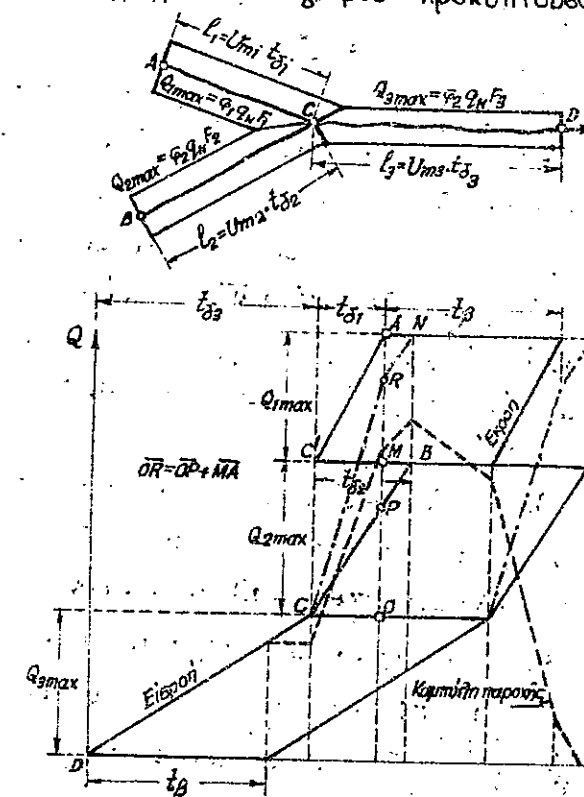


Σχ. 257.- Υδρογράφημα κατὰ Hauff

κατωτέρα σημεῖα Β, C, D..... ἐκάστου τούτων διαγράμματα παρο-
χῆς καί παραθέτομεν εἴτα ταῦτα τὸ ἐν ἐπὶ τοῦ ἄλλου ὡς ἐμφαί-
νεται εἰς τὸ σχῆμα.

Συγκρίνοντας τὰ διαγράμματα ἀπορροῆς διὰ τὰ σημεῖα
Β, C, D παρατηροῦμεν οὐσώδη μορφολογικὴν διαφορὰν μετὰ τῶν

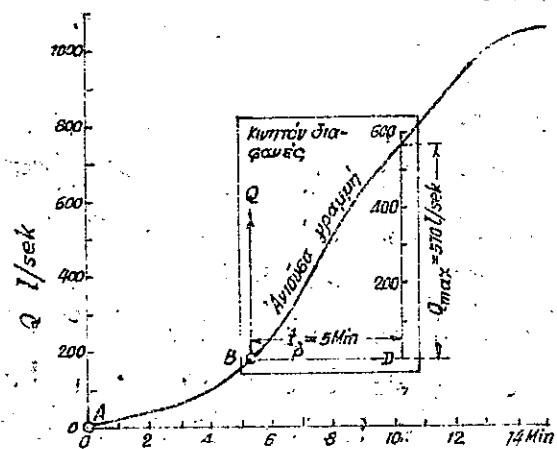
Εἰς τὰ διαγράμματα ἀπορροῆς διὰ τὰ Β, D, αἱ ἐκ τοῦ
μήκους τῶν τμημάτων καὶ τῶν ταχυτήτων ροῆς προσδιορίζο-
μενοι χρόνοι ροῆς t_{β_1} , t_{β_2} εἶναι μεγαλύτεροι ἀπὸ τὴν διάρ-
κειαν t_β τῆς βροχῆς ἀντιθέτως εἰς τὸ διάγραμμα διὰ τὸ C
ὁ χρόνος t_{β_2} εἶναι μικρότερος τοῦ t_β . Ἀποτέλεσμα τοῦτου εἶ-
ναι ὅτι διὰ τὰ Β καὶ D αἱ μέγισται ἐκ τῶν τμημάτων l_1 καὶ l_3
ἀπορρέουσαι ποσότητες ὕδατος Q_I καὶ Q_{III} εἶναι μικρότεροι
ἀπὸ τὰς ἐξ ὑπολογισμοῦ προκυπτούσας τιμὰς $Q_{1\max}$ καὶ $Q_{3\max}$,



Σχ. 258.

φαίνοντο τὸ ὅποιον
καλεῖται μείωσις τῆς
ἀπορροῆς. Εἰς τὸ
C πραγματοποιεῖται
ἡ ἐξ ὑπολογισμοῦ
τιμὴ $Q_{2\max}$ καὶ δια-
τηρεῖται ἐπὶ χρονι-
κὸν διάστημα $t_\beta - t_{\beta_2}$

Δυνάμεθα νῦν
νὰ μετασχηματίσω-
μεν τὸ ὡς ἄνω
διάγραμμα παροχῶν
ὥστε νὰ προκύψῃ
τὸ υδρογράφημα
διὰ τὸ σημεῖον D.
Πρὸς τοῦτο λαμβά-
νομεν δι' ἐκάστην



Σχ. 259-

χρονικήν στιγμήν t τήν
 ενδιαμέσον τεταχμέ-
 νην ἢ ὁποία ἀποτεμ-
 νεται μεταξύ τῶν
 γραμμῶν εἰροῆς $ABCD$
 καί ἐκροῆς $A'B'C'D'$
 ἀπό τοῦ ἄξονος t . Προ-
 κύπτει οὕτω ἡ καμπύ-
 λη παροχῆς διὰ τὸν
 χρόνον ἀπορροῆς
 $t_{\beta} + t_{\delta_1} + t_{\delta_2} + t_{\delta_3}$.

Εἰς περίπτωσιν

δυο ἢ περισσότερων συμβαλλόντων κλάδων, εἰς τὸ σημεῖον συμ-
 βολῆς C δύο λαορίδων (σχ. 258) τοποθετοῦνται τὰ στοιχειώδη
 διαγράμματα (παράλληλογράμματα) διὰ τούτους κλάδους $A-C$ καὶ $B-C$
 οὕτως ὥστε τὰ ἄκραία σημεῖα αὐτῶν C , νὰ εὐρίσκωνται
 ἐπὶ τῆς αὐτῆς κατακορύφου. Τὴν παροχὴν εἰς τὴν θέσιν C καθ'
 ἑκάστην χρονικὴν στιγμήν δίδει τότε τὸ ἄθροισμα τῶν ενδιαμέ-
 σων τεταχμένων, ἦτοι τὸ τμήμα $OR = OP + MA$, διὰ τοῦτο τὴν
 ἀπορροὴν διὰ τοῦ C μετὰ πάροδον χρόνου t_{β} ἀπὸ τῆς ἑναρξιν
 τῆς βροχῆς. Τὸ R εἶναι ἐπομένως ἐν σημείον τῆς ἀνιούσης
 γραμμῆς διὰ τὸ σημεῖον C .

Εὰν μετὰ τὸ C ἀκολουθῇ ἕτερος κλάδος $C-D$ ὁ ὁποῖος
 ἔχει νὰ ἀποχετεύσῃ καὶ τούτους κλάδους $A-C$ καὶ $B-C$, τότε ἡ
 ἀνιούσα γραμμὴ διὰ τὸ D προκύπτει καθ' οὗτον τρόπον ἐκτί-
 δεται εἰς τὸ σχῆμα (257) διὰ διαδοχικὰ τμήματα. Οἱ κλάδοι
 $A-C$ καὶ $B-C$ οὖν νῦν κατόπιν τῆς συνθέσεως τῶν διαγράμ-
 μάτων τῶν ὡς ἄνω νὰ θεωρηθοῦν ὡς ἓν τμήμα μὲ γραμμὴν
 εἰροῆς τὴν $C-R-N$ καὶ γραμμὴν ἐκροῆς βαίνουσαν παράλλη-
 λως πρὸς ταύτην καὶ εἰς ἀπόστασιν t_{β} διότι ἐδέχθημεν διὰ

τὴν ὅλην ἐπιφάνειαν ἀπορροῆς τὴν διάρκειαν βροχῆς t_{β} σταθε-
 ράν.

Τέλος προκύπτει ὡς προηγουμένως ἡ καμπύλη τῶν παρο-
 χῶν Q , ἡ ὁποία ἐξεδιδάσθη διὰ τὸ σημεῖον D εἰς τὸ σχῆμα 258.

Κατόπιν τῶν ἀνωτέρων δυναμέων ἡδὴ νὰ χαραξάμεν τὰς
 γραμμὰς εἰροῆς καὶ ἐκροῆς, ὡς καὶ τὸ ὑδρογράφημα δι' οἷαν-
 δήποτε μορφήν μιᾶς λεκανῆς μὲ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι δίδονται
 ἡ ἑντάσεις ἢτοι ἡ εἰδικὴ ἀπορροή q_n εἰς λίτ/δλ. καὶ ἑκάτ. καὶ
 αἱ ταχύτητες ροῆς U_m εἰς τοὺς διαφόρους κλάδους.

Ἡ μέγιστη τιμὴ τῆς Q δι' ἓν σημεῖον τοῦ δικτύου δίδεται
 ὑπὸ τῆς μέγιστης ενδιαμέσου τεταχμένης μεταξύ τῶν δυο κα-
 μπυλῶν εἰροῆς καὶ ἐκροῆς.

Πρὸς ἀπλούστευσιν δυναμέων νὰ ἀρκεσθῶμεν εἰς τὴν ἐξε-
 δάσιν μόνον τῆς γραμμῆς εἰροῆς διὰ τὴν Q ἔχοντες ὑπ' ὄψει
 ὅτι ἡ γραμμὴ ἐκροῆς εὐρίσκεται παράλληλως πρὸς ταύτην καὶ
 εἰς ἀπόστασιν t_{β} . Ἡ μέγιστη τιμὴ Q εὐρίσκεται ὡς ἑξῆς:

Χαραξάσωμεν ἐπὶ διαφανοῦς (Σχ. 259) εἰσῆμα ὀρθογωνίων ἄ-
 ξόνων Q καὶ t_{β} μὲ κλίμακα τὴν αὐτὴν ὡς εἰς τὸ διάγραμμα καὶ
 ἐπὶ τοῦ ἄξονος t εἰς τὸ σημεῖον D , ἐκλεχέν ὥστε $BD = t_{\beta}$,
 φέρομεν τεταχμένην ἐφ' ἧς σημειοῦμεν ὑπὸ τὴν αὐτὴν κλίμακα
 τὰς παροχὰς Q . Μετακινούμεν εἴτα τὸ διαφανὲς μὲ τὸ σημεῖον
 τομῆς τῶν ἄξόνων ἐπὶ τῆς καμπύλης καὶ μὲ τοὺς ἄξονας πα-
 ράλληλους πρὸς τοὺς τοῦ διαγράμματος μέχρις οὗ ἀνεύρωμεν
 τὴν μέγιστην τιμὴν ἐπὶ τῆς ὡς ἄνω εἰς ἀπόστασιν t_{β} τεταχ-
 μένης ἀνερχομένην ἐν τῷ σχήματι (259) εἰς $Q_{max} = 570$ λίτ/δλ.

Ἀνωτέρω καθωρίσθη ἡ μέγιστη παροχὴ ἢ διερχομένη ἀπὸ
 σημείου τ τῆς λεκανῆς ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν βροχῆς σταθε-
 ρᾶς ἐντάσεως καὶ δεδομένης διάρκειας t_{β} .

Εἶναι δυνατόν ὅμως ἡ ἑντάσις τῆς βροχῆς εἰς μίαν λεκα-
 νην νὰ λάβῃ ἀναριθμητοὺς τιμὰς.

Καί κατ' αρχήν ἐκλέγομεν τὴν συχνότητα τῆς βροχῆς (βλ. σχῆμα 89, σελ. 126) εἰς ἣν θὰ ἔχωμεν ἀναρίθμητα ζεύγη τιμῶν i ἢ q_N καὶ t_B . Ἐκαστον q_N δίδει μίαν ἀριστέμενην ἀπορροήν εἰς τὸ σημεῖον ἐνθα ζητεῖται ἡ πλήμμυρα καὶ τίθεται τὸ θέμα νὰ προσδιορίσωμεν τὸ σημεῖον τῆς καμπύλης (q_N, t_B) ὅπερ δὲ δώσῃ τὴν μεγίστην ἀπορροήν Q .

Ἡ γνώσις τῆς ἐξέσεως $q_N = f(t_B)$ ἐν συνδυασμῷ μετὰ τὴν χάραξιν τῆς γραμμῆς εἰροῆς δὲ ἐν οἷονδήποτε q_N ἐπιτρέπει τὸν προσδιορισμὸν αὐτὸν κατὰ τὸν ἀπλούτερον τρόπον. Ἡ ἀπορροή κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμήν t ἐκ μιᾶς ἐπιφανείας ἀπορροῆς f εἶναι:

$$Q = \varphi \cdot q_N \cdot f$$

Διὰ δύο διαφορετικὰς πυκνότητας βροχῆς q'_N, q''_N , ἡ ἀναλογία τῶν παροχῶν τῶν ἐμφανιζομένων κατὰ τὴν αὐτὴν χρονικὴν στιγμήν t εἶναι:

$$\frac{Q'}{Q''} = \frac{\varphi q'_N \cdot f}{\varphi q''_N \cdot f} = \frac{q'_N}{q''_N}$$

Δυνάμεθα νῦν νὰ εὐρωμεν τὴν Q'' ἐκ τοῦ διαγράμματος τοῦ σχεδιασθέντος διὰ τὴν q'_N . Πρὸς τοῦτο δὲ πρέπει τὰ Q' καὶ Q'' νὰ παρίστανται διὰ μήκους τοῦ αὐτοῦ μεγέθους.

Ἐὰν e' καὶ e'' εἶναι αἱ μονάδες τῶν κλίμακων Q', Q'' δὲ εἶναι $Q' \cdot e' = Q'' \cdot e''$ ἐξ ἧς ἔπεται:

$$\frac{Q'}{Q''} = \frac{e''}{e'} = \frac{q'_N}{q''_N}$$

ἥτοι: αἱ μονάδες κλίμακων τῶν ἀπορροῶν εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἐντάσεις τῆς βροχῆς q_N .

Ἡ διεξαγωγή τῆς ἀναζητήσεως ταύτης πραγματοποιεῖται πολὺ εὐχερῶς μετὰ τὴν βοήθειαν τοῦ καλουμένου διαγράμματος εἰκόνος τῆς βροχῆς.

Μετὰ τοῦτο εὐρύνεται πλέον ἡ ἀναζήτησις ἡ ἐμφαινόμενη εἰς τὸ σχῆμα 259 ὅπου ἐθεωρήθη μόνον ἡ διάρκεια βροχῆς $t_B = 5'$:

καὶ δι' ἄλλας τιμὰς τῆς διάρκειας βροχῆς $t_B = 10', 15', 30'$ κ.λπ. Ἐὰν ἐκ τῆς θεωρηθείσης καμπύλης βροχῆς προκύπτουν τὰ κατωθι ζεύγη τιμῶν:

$$t_B = 5 \quad 10 \quad 15 \quad 30'$$

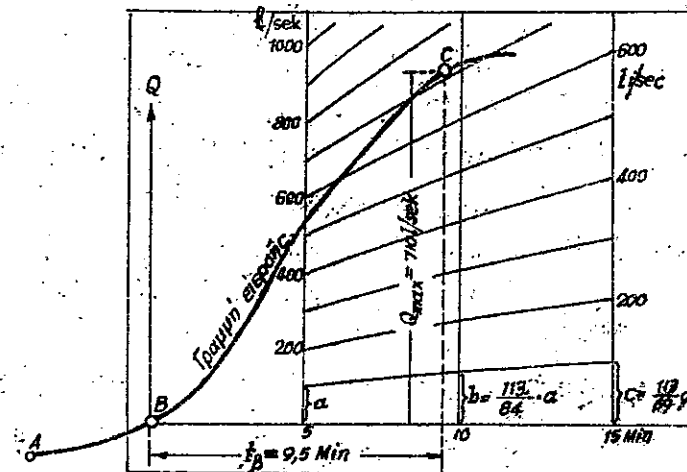
$$q_N = 113 \quad 84 \quad 69 \quad 50 \text{ λίτ/δλ καὶ ἑκτάριον}$$

καὶ ἐλήφθη διὰ τὴν χάραξιν τῆς γραμμῆς εἰροῆς τῶν παροχῶν Q , χενομένην διὰ $t_B = 5'$ καὶ $q_N = 113 \lambda/1''$ καὶ ἐκτ. ὡς κλίμαξ, $100 \lambda/1'' = 10$ χλστ. αἱ ἀντίστοιχοι κλίμακες δὲ εἶναι:

$$\text{Διὰ } 10' \text{ διάρκειαν βροχῆς } \frac{113}{84} \cdot 10 = 13,5 \text{ χλστ.}$$

$$\text{Διὰ } 15' \quad \quad \quad \frac{113}{69} \cdot 10 = 15,4 \quad "$$

$$\text{Διὰ } 30' \quad \quad \quad \frac{113}{50} \cdot 10 = 22,6 \quad "$$



Σχ. 260.

Αἱ διαφορετικαὶ κλίμακες αὗται λαμβάνονται εἰς τὸ διαφανές μετὰ τὸ σύστημα ὀρθογωνίου ἀξόνων t_B καὶ Q ἐπὶ τῶν τεταγμένων διὰ $t_B = 10', 15'$ κ.ο.κ. καὶ συνδέονται εἴτα τὰ ἀντίστοιχα σημεῖα τῶν $200 \lambda/δλ, 400 \lambda/δλ$ κ.ο.κ. Τὸ προκύπτον διάγραμμα

μετακινείται πλέον μέ το θ επί της ανιούσης γραμμής ως έχοντο εἰς τό σχῆμα 259 μέ τήν μοναδικήν κλίμακα διά τας Q .

Ἡ μετακίνησις αὕτη γίνεται μέχρις οὗτου ὡς τήν μεγίστην ἀναγκάσειν διά τήν Q . Εἰς τό σχῆμα 260 τό μέγιστον Q προκύπτει ὅταν τό θ τοῦ συστήματος εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ σημείου B τῆς καμπύλης ὅπου προκύπτει ἡ μεγίστη ποσότης ἀπορροῆς ἴση πρὸς 710 λίτ/ὄλ. διά τήν ἀνάγκασιν εἰς C .

Ἡ μέθοδος δεικνύει ὅτι δι' ἕκαστον σημεῖον τοῦ δικτύου ἡ ἀπολύτως μεγίστη παροχή προκύπτει διά διαφορετικόν εἰκαστοτε q_N , ἐπομένως, συμφώνως πρὸς τήν καμπύλην βροχῆς καὶ διαφορετικόν t_B . Λεγόμενον ὅτι αὐξάνοντος τοῦ t_B γενικῶς τὰ κρίσιμα t_B αὐξάνουν, ἔπεται ὅτι ἡ κρίσιμος ἔντασις βροχῆς δι' ὅσα σημεία εὐρίσκονται πρὸς τήν ἔξοδον τῆς λεκάνης γίνεται μικροτέρα.

Εἰς τὸν περιγραφέντα τρόπον ὑπολογισμοῦ ἐπιπροστίθεται (ὑπὸ τήν προϋπόθεσιν ὅτι δύνανται νὰ γίνουν δεκταί) εἰς τὰς ἡδὴ ἐν ἀρχῇ ἀναφερθείσας παραδοχὰς καὶ ἄλλαι τιμές ἀνακρίβειαι.

Πρῶτον ὑποτίθεται ὅτι αἱ ταχύτητες ροῆς ἐπομένως καὶ οἱ χρόνοι ροῆς εἰς τὰ διάφορα τμήματα τῶν ἀγωγῶν (ρεύματων) εἶναι οἱ αὐτοί δι' ἀσθενήσαντες ἔντασεις βροχῆν. Τὴν ἔννοιαν ταύτην ἔχει ἡ χρησιμοποίησις τῆς αὐτῆς γραμμῆς εἰροῆς (τῶν αὐτῶν τιμῶν διά τὰ t_B) δι' ὅλας τὰς θεωρουμένας βροχὰς.

Τό ἐντεῦθεν εἰκόνα προκειμένου περὶ ὑπονόμου δὲν εἶναι συνήθως σοβαρόν. Διότι εἰς τὰς ὑπονόμους ἡ μεταβολή τῆς ταχύτητος διά διατομὴν πεπληρωμένην ἀπὸ τοῦ μέσου τοῦ ὕψους μέχρι τοῦ ὅλου ὕψους δὲν εἶναι μεγάλη.

Ἐτερον λάθος ὁφείλεται εἰς τό ὅτι λαμβάνεται ἡ κλίσις τοῦ πυθμένος καὶ ὄχι τῆς ἐπιφανείας. Τοῦτο δεδομένου ὅτι λόγῳ ἀναβαθμῶν κλπ. λαμβάνει χώραν ἀνομοιόμορφος ροή μέ κα-

μπύλας καταπτώσεις (ἢ ὑπερυψώσεις) πρέπει εἰς ὠριμένους περιπτώσεις νὰ λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν εἰς τὰς ὑπολογισμούς καὶ τὰ διαγράμματα.

Τρίτον λάθος ὁφείλεται εἰς τό ὅτι δὲν λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν ἡ ἱκανότης τοῦ ρεύματος (ἢ δικτύου ὑπονόμων) καὶ συγκατῆρη ὠριμένον ὄγκον ὕδατων μέχρις οὗ πληρωθῇ. Δι' αὐτὸ δὲν θεωροῦμεν ποτὲ βροχὰς διαρκείας μικροτέρας τῶν 5'.

Ὡς ἐλέχθη ἡδὴ ἡ μέθοδος αὕτη εἶναι μᾶλλον ἐνδεοειγμένη διὰ τὸν ὑπολογισμόν ἀπορροῶν προκειμένου ὑπολογισμοῦ δικτύου ὑπονόμων καὶ ἐπανιωτάτα χρησιμοποιεῖται διὰ φυσικὰ ρεύματα (βλ. καὶ μαθήματα περὶ ὑπονόμων).

3β. Ἡ μέθοδος Tarc z z α.

Ἀπλουστερα εἰσέτι διά τὸν ὑπολογισμόν ἀπορροῆς ρεύματος εἶναι ἡ μέθοδος ἡ ἐφαρμοζομένη συνήθως ἐν Ἰταλίᾳ καὶ καλουμένη Tarc z z α.

Κατ' αὐτὴν ἡ ἐπὶ λεκάνης ἐκτάσεως A (εἰς ἐκτάρια) πεσοῦσα βροχή ὕψους H (χιλιοστά), διαρκείας t_B (εἰς ἡμέρας), διά διάρκειαν διαδρομῆς t_g , δι' ἔοιδεν (ἐάν ἀπέρρεεν ὁμοιομόρφως) μέσση ἀπορροήν Q_p (κ.μ./ὄλον) ἴσην μέ

$$Q_p = \frac{10 \cdot \varphi \cdot A \cdot H}{(t_B + t_g) 86400}$$

ἐνθα φ ὁ συντελεστής ἀπορροῆς κατὰ τό ἐν λόγῳ διάστημα $(t_B + t_g)$. Ἐπειδὴ ὁμως ἡ ἀπορροή ἔχει τό γνωστον σχῆμα αἰχμῆς (βλ. ε.χ. 181 σελίς 238) ἡ αἰχμή αὐτῆς δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου:

$$Q_{\max} = \frac{10 \cdot \alpha \cdot \varphi \cdot A \cdot H}{(t_B + t_g) 86400}$$

ἐνθα α μεταβλητὸς συντελεστής ὅστις δι' ὁμαλὰ καμπλὰ ἔδαφη

προεδιωρίσθη υπό του Rasini ίσος πρὸς 1,40(*)

Διὰ τὸν χρόνον διαδρομῆς t_g ὁ Rasini ὁμοίως δίδει τὸν τύπον:

$$t_g = a \sqrt[3]{\frac{L \times A}{i}}$$

ἔνθα $a=0,0045$, L τὸ μεγαλύτερον μῆκος διαδρομῆς εἰς χιλιόμετρα, A ἡ λεκάνη εἰς τετραγ. χιλιόμετρα καὶ i ἡ ἰσοδύναμος κλίσις τῆς διαδρομῆς.

Διὰ διάφορα τμήματα τοῦ ρεύματος L_1, L_2, L_3 με ἀντιστοιχίους κλίσεις i_1, i_2, i_3 ἡ ἰσοδύναμος κλίσις δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου:

$$\sqrt{i} = \frac{L_1 + L_2 + L_3}{\frac{L_1}{\sqrt{i_1}} + \frac{L_2}{\sqrt{i_2}} + \frac{L_3}{\sqrt{i_3}}}$$

Ὁ Giandotti δίδει τὸν χρόνον διανομῆς t_g ὑπὸ τοῦ τύπου

$$t_g = \frac{4\sqrt{A} + 1,5 \cdot L}{0,8\sqrt{h_2}}$$

ἔνθα L καὶ A ὡς ἀνωτέρω καὶ h_2 τὸ μέσον ὑψόμετρον τῆς λεκάνης εἰς μέτρα.

Ὁ συντελεστὴς ἀπορροῆς ϕ λαμβάνεται ἴσος πρὸς 0,50-0,80 ἀναλόγως τῆς φύσεως τῶν ἐδαφῶν, τῆς κλίσεως αὐτῶν, τῶν προηγουμένων βροχῶν κ.ο.κ. κατὰ τὰ ἐκτεθέντα εἰς προηγούμενα κεφάλαια.

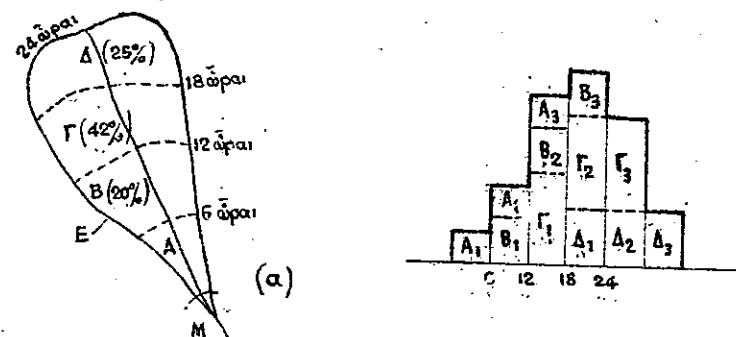
3γ. Τὸ ἀναλυτικὸν ὑδρογράφημα.

Τὸ ἀναλυτικὸν ὑδρογράφημα κατασκευάζεται ἀναλυτικῶς

* βλ. Π. Ασπρέστη. Ἱταλικά μέθοδοι ὑπολογισμοῦ παροχῆς ἐξ ὀμβροδόχων λεκανῶν. Ἐπίτομος βιβλιοθήκη Τεχν. Ἐπιμ. Ἑλλ. Βιβλίον 2. 1936..

ἀπὸ τὸ ἐκέδιον τῆς λεκάνης ἀπορροῆς καὶ τὸ διάγραμμα τῶν βροχῶν ὑπὸ ὠρισμένης παραδοχῆς καὶ αὐτὸ, παρομοίως μετὰς εἰς τὴν μέθοδον Hauf-Vicari γενεμένης, ἰδίᾳ ὅσον ἀφορᾷ τοὺς συντελεστὰς ἀπορροῆς καὶ τὸν χρόνον διαδρομῆς τοῦ ὕδατος ἐπὶ ἢ ἐντὸς τοῦ ἐδάφους καὶ ἐντὸς τοῦ ρεύματος(*).

Λεχθῶμεν μίαν ὑδρολογικὴν λεκάνην ἐκτάσεως E (βλ. σχῆμα 261) ἀποτελουμένης ἀπὸ τῆς τμηματικῆς ἐπιφανείας A (13% E),



Σχ. 261. Ἀναλυτικὸν ὑδρογράφημα (β) ἐκ δοθείσης λεκάνης ἀπορροῆς (α) [ὁμοιομόρφος βροχὴ 18 ὥρου διάρκειας κατανέμεται ἐξ ἴσου εἰς τρία ἐξάωρα].

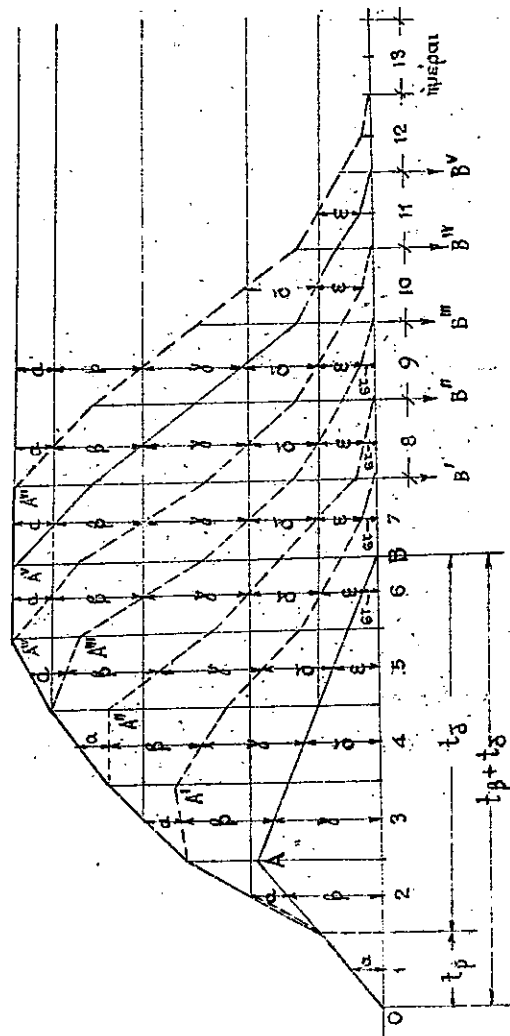
B (20% E), Γ (42% E) καὶ Δ (25% E), διαχωριζόμενας μετὰ τῶν διαγραμμῶν ἐκ τῶν ὁποίων ἡ πίπτουσα βροχὴ δέλει διὰ τὰ φάσεις εἰς τὸ σημεῖον μετρήσεως M . 6, 12, 18 καὶ 24 ὥρας. Ἦδη δεχθῶμεν ὅτι, μίᾳ ἐκ τῶν ὑπεμενεστέρας καταγίγδων τῆς περιοχῆς

(*) Ἡ μέθοδος αὕτη εὐκρὰ φέρεται ὑπὸ τὸ ὄνομα μέθοδος « μοναδιαίου ὑδρογραφήματος » (unit hydrograph) εἰς τὴν ἀμερικανικὴν βιβλιογραφίαν, πλὴν ἐσφαλμένως.

Ἡ μέθοδος τοῦ μοναδιαίου ὑδρογραφήματος, ἥτις ἀναπτύσσεται εἰς τὴν ἐπαμένην παράγωγον, διαφέρει τῆς παρούσης ὡς ἐμφαίνεται ἐξ ἀντιπαραβολῆς τῶν δύο μεθόδων.

ἔπρεπεν ὁμοιομόρφως διανεμημένη ἐπὶ τῆς λεκάνης μὲ ἴσιν περιέσειαν βροχῆς διανεμομένην εἰς τρεις ἑξαώρους περιόδους. Τότε τὸ διάγραμμα ἀπορροῆς, ἥτοι τὸ ὕδρογραφήμα, δίδεται ἀναλυτικῶς εἰς τὸ ἐκῆμα 261 β. Ὁ ἐκηματισμός τούτου εἶναι αὐτεξήγητος.

Συναφῆς γραφικὴ κατασκευὴ δίδεται ὑπὸ τοῦ ἐκῆματος 262. Ἐστω ὅτι περίεσις βροχῆς διαρκείας t_b μιᾶς ἡμέρας ἔπρεπεν ἐπὶ δοθείσης λεκάνης καὶ ὅτι εὐρέθη (μετρηθὲν ἢ ὑπολογισθὲν κατὰ τὴν ἀμέσως προηγουμένην μέθοδον) τὸ ὕδρογράφημα τῆς ἀπορροῆς αὐτῆς ἔχον τὴν μορφήν τοῦ τριγώνου OAB τοῦ ἐκῆματος 262 ἥτοι ἔχον διάρκειαν ἀπορροῆς $t_g = 5$ ἡμέρας.



Σχ. 262. Ἀναλυτικό-γραφικὸν ὕδρογραφήμα.

Αἱ τεταγμέναι τοῦ ὕδρογραφήματος διὰ τὰς συνεχεῖς ἡμέρας δὲ εἶναι $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$ καὶ εἰς. Ἐάν τὴν ἐπομένην ἡμέραν ἔχομεν βροχὴν τῆς αὐτῆς ἐντάσεως καὶ διαρκείας, τὸ ὕδρογράφημα τῶν δύο βροχῶν δὲ δίδεται ὑπὸ τῆς πρώτης ἐστιγμένης γραμμῆς ὑπεράνω τοῦ ὕδρογραφήματος ($A'B'$). Ἐάν ὑπάρξῃ βροχὴ τῆς αὐτῆς περιεσείας καὶ τῆς αὐτῆς διαρ-

κείας τὴν 3^{ην}, 4^{ην}, 5^{ην} καὶ 6^{ην} ἡμέραν τὸ ὕδρογράφημα δὲ λαβὴ ἀντιστοιχῶς τὰς θέσεις $A''B'', A'''B''', A''''B''''$ καὶ $A''''''B''''''$ τιμᾶς. Ἀφ' ἧς ἐστιγμῆς ἡ διάρκεια τῆς περιεσείας βροχῆς t_b γίνετ' ἴση μὲ τὴν διάρκειαν ἀπορροῆς (τὴν 6^{ην} ἡμέραν, γραμμὴ A'''''') τότε ἀπὸ τὴν ἡμέραν αὐτὴν καὶ δι' ὅλας τὰς πιθανὰς προσεχεῖς ἡμέρας βροχῆς τὸ διάγραμμα δὲ ἔχη τὴν ἐπάνω αὐτοῦ πλευράν παράλληλον πρὸς τὴν βάσιν συμφώνως καὶ πρὸς τὸ ἐκῆμα 255 γ τῆς ἐελίδος 359. Ἐάν τὸ ὕψος τῆς περιεσείας βροχῆς τῶν ἐπομένων τῆς πρώτης ἡμερῶν εἶναι διάφορον τὰ ἀρχικὰ ὕψη ἀπορροῆς δέον νὰ ληφθῶσιν ἀναλογικῶς πρὸς τὴν δύο περιεσείας βροχῆς ἥτοι:

$$\frac{a_2}{a_1} = \frac{h_{a2}}{h_{a1}}$$

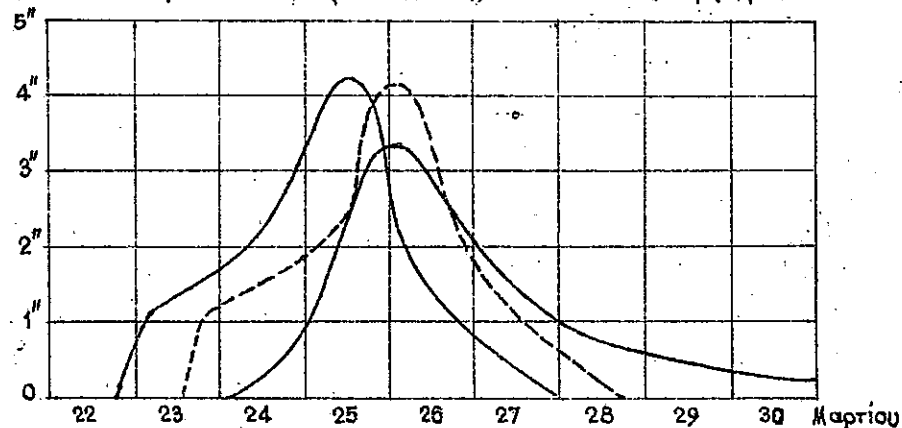
Ἐάν ὅμως ἡ διάρκεια τῆς βροχῆς μιᾶς τῶν προσεχῶν ἡμερῶν εἶναι διάφορος τῆς πρώτης (6ῶρος ἢ 15ῶρος λ.χ. μό-νον) τότε αἱ τεταγμέναι τοῦ βασιμοῦ διαγράμματος δέν εἶναι δυνατόν νὰ ἰσχύσουν, ἀλλὰ δὲ πρέπη νὰ ληφθῶσιν εἴτε ἐκ βασικοῦ διαγράμματος (ὡς τὸ ΔAB) συντασσόμενου ἐπὶ βάσεως βροχῆς ἀντιστοιχοῦ διαρκείας (6ῶρου ἢ 15ῶρου, ἀντιστοιχῶς) ἢ δὲ πρέπη νὰ ἀναχθῶσιν λογιστικῶς, ὡς τοῦτο ἀναπτύσσεται εἰς τὴν ἐπομένην παράγραφον (μοναδιαῖον ὕδρογράφημα).

Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἐμελετήθη ἡ μεγάλη καταστρεπτικὴ πλημμύρα τοῦ Μαρτίου 1913 εἰς Dayton, Ohio ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ὁποίας ἐγένοντο τὰ ἀντιπλημμυρικὰ ἔργα τῆς λεκάνης ταύτης.

Ὁ Woodward ἐπὶ τῇ βάσει τῶν βροχῶν καὶ τῶν ἀπορροῶν ὑπελόγησεν τὸν συντελεστὴν ἀπορροῆς κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς πλημμύρας εἰς 84-91% ὡς ἐμφαίνεται ἐκ τοῦ κατωτέρου πίνακος:

h	Βροχή χιλ.	Απορροή χιλ.	φ ήμερ. %
24	103,0	87,0	84
48	162,0	147,0	91
72	202,0	183,0	91
96	232,0	203,0	87
120	241,4	214,0	88

Είς τὸ ἐκῆμα 263 δίδονται αἱ καμπύλαι βροχῆς καὶ ἀπορροῆς τοῦ ποταμοῦ Miami (Ohio, U.S.A) κατὰ τὴν πλημμύραν ταύτην.



Σκ. 263. Βροχή καὶ ἀπορροή εἰς ποταμὸν Miami (Ohio, Η.Π.Α.).

3δ. Τὸ "μοναδιαῖον" ὑδρογράφημα.

Ἡ μέθοδος αὕτη, ὀφειλομένη εἰς τὸν L. Sherman (1932), ἀποτελεῖ ὁμαλοῦς εἰς τὴν ὑδρολογίαν, δεόν νὰ θεωρηθῇ δὲ ὡς πειραματικὴ μέθοδος, μετὰ ἐκτετατὴν ὁδοῦν εἰς φυσικὴν κλίμακα, φαινόμενον ἐπὶ τῶν συναντῶμενων εἰς οἰανδήποτε πειραματικὴν ὑδραυλικὴν ἔρευναν διὰ τῶν μεγάλων ἐκτάσεων δοκιμῶν.

Ἡ μέθοδος ἐπιδίκεται εἰς τὴν λήψιν μεμονωμένου, συνεχοῦς ὑδρογραφήματος τῆς μελετωμένης λεκάνης (δυναμένου νὰ προκύψῃ διὰ αὐτογράφου σταθμημέτρου καὶ τῇ βοήθειᾳ τῆς καμπύλης σταθμῆς - παροχῆς) προκύπτοντος ἀπὸ βροχὴν πλήρως καταγεγραμμένην (δίατα, ἐντάσεως, ἐκτάσεως καὶ διάρκειας) καὶ τὴν συσχετίσιν τῆς βροχῆς καὶ τοῦ ὑδρογραφήματος.

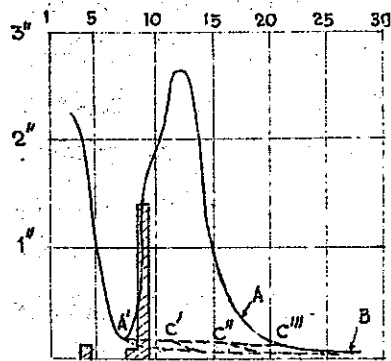
Ἡ συσχέτισις αὕτη περιλαμβάνει αὐτομάτως τὴν ἐπίδρασιν τῆς ὅλης τοπογραφίας, μορφολογίας, γεωλογίας καὶ καλύψεως τῆς λεκάνης, τὴν μεταβολὴν τῶν συντελεστῶν ἀπορροῆς καὶ τὴν διάταξιν τῶν ὑδρολογικῶν φαινομένων, (ὡς αὕτη δίδεται ὑπὸ τοῦ ἐκῆματος 250 βλ. σελίς 254).

Ἐάν νῦν τὸ ὑδρογράφημα τοῦτο ἀναχθῇ (διὰ ὑπολογισμῶν διευκρινιζομένων κατωτέρω) εἰς ὕψος ἀποδίδοντα, ἐν τῷ συνόλῳ τῶν ἀπορροῆν ὀφειλομένην εἰς περίσσειαν βροχῆς (τὴν πεσοῦσαν βροχὴν ἐξ ἧς ἀφαιροῦνται ὅλαι αἱ ἀπώλειαι ὥστε τὸ ὑπόλοιπον νὰ μετῶ τὴν εἰς τὸ ρεῦμα ἀπορρέουσαν περίσσειαν βροχῆς) ἰσομένην μετὰ τὴν μοναδικὰ ὕψους βροχῆς (ἥτις μονὰς λαμβάνεται ἴση μετὰ 25,4 χιλιοστά· ἥτοι μίαν Ἴντσιν) τότε ἔχομεν τὸ μοναδιαῖον ὑδρογράφημα τοῦ ποταμοῦ (*).

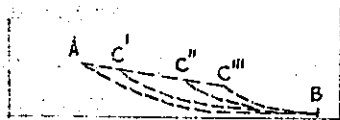
Ἐπὶ τῇ βάσει ταύτου δυνάμεθα νῦν νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ ὑδρογράφημα δι' οἰανδήποτε διάρκειαν βροχῆς καὶ δι' οἰανδήποτε μεταβολὴν τῆς ἐντάσεως αὐτῆς.

Εἰς τὸ ἐκῆμα 264 δίδεται ἓνα μεμονωμένον ὑδρογράφημα τοῦ ποταμοῦ Big Muddy (σταθμός Plumfield Ill) ὅπερ προῆλθεν ἐκ βροχῆς μέσου ὕψους 36,35 χιλ. πεσοῦσης τὴν 9 Ἀπριλίου 1924 ἐπὶ λεκάνης ἐκτάσεως 1950 χιλ.² (ἡ προηγουμένη πρὸ πενθημέρου βροχὴ 3 χιλ. καὶ ἡ ἐπακολουθήσασα μετὰ 5,12

(*) Ἡ περίσσεια βροχῆς (excess rainfall) καλεῖται ἐνίοτε καὶ καθαρά βροχή (net rainfall) ἢ καὶ ἀπορρέουσα βροχή.



Σκ. 264... Μεμονωμένον υδρο-
γράφημα του ποταμού Big
Muddy (Sherman).



Σκ. 264α Μεγεθύνσεις τῆς υ-
πογείου ἀπορροῆς.

καὶ 16 ἡμέρας ἐκ 0,75 χιλιοσῶν ἐκά-
στη, ἐδεωρήθησαν ἀμελητέαι). Ἡ δὲ
ἐκ τοῦ υδρογραφήματος δύναμιθα
να ὑπολογίσωμεν τὰς ἀνά ἑκάστην
ἡμέραν ἀπορροάς ἐκ τῆς βροχῆς ἂν
λάβωμεν τὰς τεταγμένας αὐτοῦ καὶ
ἀφαιρέσωμεν τὴν βασικὴν ἀπορ-
ροὴν τῶν ὑπογείων ὑδάτων ἥτις δὲ
ἦτο ἡ $A'B'$ (παράλληλος πρὸς τὴν
 AC) ἂν δὲν παρενέβαινον αἱ μεσο-
λαβήσασαι μικραὶ βροχαὶ αἰτίτιες
μετασχηματίζουσιν τὴν βασικὴν ἀπορ-
ροὴν εἰς τὴν γραμμὴν $A'C'C''C'''B$ (βλ.
μεγεθύνειν εἰς σχῆμα 264α).

Ἡ διαφορὰ τῶν τεταγμένων
τοῦ υδρογραφήματος, καὶ τῆς βási-
κῆς ἀπορροῆς, μᾶς δίδει τὰς ἀπορ-

ροὰς τὰς ὀφειλόμενας εἰς τὴν βροχὴν.

Ἐάν ᾗδὲ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι ἡ οὕτω προκύπτουσα ἀ-
πορροὴ ἀνῆλθεν συνολικῶς εἰς 32.787.763 κ.μ. ἐνῶ ἡ πεσοῦσα
βροχὴ ἦτο 69.882.500 κ.μ. ὑπολογίζομεν τὴν συντελεστὴν ἀπορ-
ροῆς ἴσον μὲ 0,468 ἥτοι ἀπορροὴ = 46,8% βροχῆς.

Τὸ υδρογράφημα τοῦ σχήματος 264 μᾶς δίδει τὴν
ἀπορροὴν τῆς πεσοῦσης βροχῆς μὲ συντελεστὴν ἀπορροῆς 46,8%
ἥτοι μὲ καθαρὰν ἀπορρέουσαν βροχὴν $36,85 \times 0,46,8 = 16,766$ χιλ.
Ἐάν ἡ ἀπορρέουσα βροχὴ διπλασιασθῇ ἀντιστοιχῶς, δὲ διπλασια-
σθῶν καὶ αἱ τεταγμέναι τοῦ υδρογραφήματος. Ἐάν δὲ θελήσωμεν
να κατασκευάσωμεν τὸ « μ.σ.α.δ.ι.α.τ.ι.α.ν » υδρογράφημα ἥτοι να ἔ-
χωμεν ἀπορρέουσαν βροχὴν 25,4 χιλιοσῶν δὲ πρέπη να πολλα-
πλασιάσωμεν τὰς τεταγμένας τοῦ υδρογραφήματος ἐπὶ: