

# ΠΕΡΙ ΤΗΣ ΕΝ ΕΛΛΑΔΙ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΝΟΗΣ ΑΝΕΜΟΥ ΩΣ ΚΙΝΗΤΗΡΙΟΥ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

Υπό του κ. ΠΑΥΛΟΥ Ε. ΣΑΝΤΟΡΙΝΗ, Πολιτικού Μηχανικού,  
Τακτ Καθηγητού τής Πειραματικής Φυσικής του Ε.Μ. Πολυτεχνείου

*Σ. Σ.— Η κατωτέρω δημοσιευμένη μελέτη κατηγορήθη υπό του Καθηγητού του Ε.Μ.Π. κ. Π. Σαντορίνη, κατόπιν ειδικής έντολης τής Διοικούσης Έπιτροπής του Τεχνικού Έπιμελητηρίου Ελλάδος, ενδιαφερομένης να διερευνηση τας δυναμότητας αξιοποιήσεως τής αιολικής ενεργείας εν τή Χώρα, δεδομένου ότι, λόγω των συνεχώς και ισχυρώς πνεόντων εις πλείστας περιοχάς ανέμων και τής διασποράς των ενεργειακών αναγκών, ό τομείς τής αιολικής ενεργείας παρουσιάζει παρ' ήμιν ιδιαίτερον ενδιαφέρον.*

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Από πολλών ήδη έτών ή σημασία τής Αιολικής Ένεργείας ανεγνωρίσθη και εις τήν Ελλάδα, ως πρακτικώς ανεξάντλητος φυσική πηγή ένεργείας. Πράγματι, πολλαπλά είναι, άκόμη και πέριξ των Αθηνών, αί μικροεγκαταστάσεις δια τήν άντλησιν φρεατίου ύδατος μέσω άνεμοκινητήρων.

Πέραν των ως άνω μικροεφαρμογών, ούδόλως όμως ήγνωθή και ένταύθα ή σημασία τής ένεργείας πνοής του άνέμου δι' έφαρμογάς υπό κάπως μεγαλύτεραν κλίμακα, λόγω του ότι ή καύσιμος ύλη, έν προκειμένω ή ένεργεια πνοής του άνέμου, παρέχεται υπό τής φύσεως δωρεάν.

Παρά τά μεγάλα πλεονεκτήματα τής Αιολικής Ένεργείας, ή χρησιμοποίησις ταύτης δέν έγενικεύθη εις βαθμόν άνταποκρινόμενον πρὸς τὸ χαρακτηριστικὸν πλεονέκτημα αὐτῆς, ως μιάς άνεξαντλήτου φυσικῆς πηγῆς ένεργείας.

Τυχάνει γνωστόν, ότι ή άποξήρασις χιλιάδων τετραγωνικῶν χιλιομέτρων των Πόλντερς τής Όλλανδίας έγένετο υπό άντλιῶν κινουμένων υπό κοινῶν άνεμομύλων.

Έκτοτε άπόπειραι έγένοντο έν Εύρώπη και Άμερικῆ δια τήν χρησιμοποίησιν τής κινητηρίου δυνάμεως τής Αιολικής Ένεργείας, αί όποιαί όμως έγκατελείφθησαν ταχέως, κυρίως λόγω των έξῆς αιτίων:

1.—Χαρακτηριστικὸν των Άνεμοκινητήρων έν γένει είναι ότι ή μονάς του ύπ' αὐτῶν παραγομένου έργου στοιχίζει τόσον όλιγώτερον, όσον μικρότερα είναι ή έγκατεστημένη ισχύς του άνεμοκινητήρος, δηλαδή συμβαίνει τὸ αντίστροφον άκριβῶς των οίκοδομητικῶν συνθηκῶν λειτουργίας άπάντων των λοιπῶν τύπων κινητήρων, ως π. χ. ύδροστροβίλων, άτμομηχανῶν, κινητήρων Ντῆζελ, ηλεκτροκινητήρων κλπ. Ός εκ των συνθηκῶν τούτων έγκατεστάθη εις όλας σχεδόν τὰς χώρας μέγας αριθμὸς μικρῶν άνεμοκινητήρων πρὸς τὸν σκοπὸν τῆς άντλήσεως ύδατος εκ φρεάτων, ως τούτο συνέβη, ως άνεφέρθη, και εις τήν Ελλάδα. Λόγω τῆς άπλῆς κατασκευῆς των ύπ' ὄψιν έγκαταστάσεων και του μικροῦ των σχετικῶς κόστους, δύναται νά λεχθῆ ότι αί μικροεγκαταστάσεις αὐται έπέτυχον πλήρως του σκοπού των.

2.—Τελείως διάφορος παρουσιάζεται ή περίπτωση τῆς χρησιμοποίησεως άνεμοκινητήρων μετρίας ισχύος 10 - 30 KW, πρὸς παραγωγήν κινητηρίου δυνάμεως ή ηλεκτρικῆς ένεργείας. Κατὰ γενικὸν κανόνα οί

άνεμοκινητήρες οὔτοι κατεσκευάσθησαν κατὰ άπλήν περίπου έπέκτασιν των διαστάσεων των μικρῶν άνεμοκινητήρων, με άποτέλεσμα τήν ταχείαν καταστροφήν λόγω τῆς άνεπαρκούς μηχανικῆς των άντοχής. Οί άνεμοκινητήρες οὔτοι άντικατεστάθησαν είτα υπό κινητήρων Ντῆζελ τῆς αὐτῆς περίπου ισχύος. Σημειωτέον, ότι ή τιμῆ ένὸς κινητήρος Ντῆζελ άνέρχεται εις μικρὸν μόνον κλάσμα τῆς τιμῆς έγκαταστάσεως ένὸς άνεμοκινητήρος τῆς αὐτῆς ισχύος, τὸ δέ γεγονός τῆς έξαγωγῆς συναλλάγματος δια τήν καύσιμον ύλην (πετρέλαιον) ήτο τελείως άνευ σημασίας εις τὰς ύπ' ὄψιν χώρας (Δανίαν, Γερμανίαν, Σουηδίαν, Φιλλανδίαν, Όλλανδίαν κλπ.) πρὸ τῆς ένάρξεως του τελευταίου Παγκοσμίου Πολέμου.

Φυσική συνέπεια τῆς καταστάσεως ταύτης ήτο ή έγκατάλειψις τῆς κατασκευῆς άνεμοκινητήρων ισχύος μεγαλύτερας των 10 περίπου kW υπό άπάντων των κατασκευαστῶν τῆς Εύρώπης και τῆς Άμερικῆς.

3.—Ιδιάζουσαν θέσιν όμως εις τήν ύπόθεσιν τῆς εκμεταλλεύσεως τῆς Αιολικῆς Ένεργείας έλαβεν ή Ρωσία, όπου εύρίσκονται έν άρίστη λειτουργία και εις μέγιστον αριθμὸν τυποποιημένοι άνεμοκινητήρες, ισχύος 12 και 20 kW.

4.—Κατὰ τὸ έτος 1945 κατεσκευάσθη υπό των Άμερικανῶν ὁ τότε μεγαλύτερος άνεμοκινητήρ του κόσμου, ισχύος 1000 kW, ὁ όποίος όμως κατεστράφη, προφανῶς έξ αιτίας έσφαλμένων ύπολογισμῶν, αλλά και ύλικῶν άνεπαρκούς άντοχής, μετὰ λειτουργίαν ένδεκα μόνον μηνῶν.

Άντιπρόσωπος τῆς Άμερικῆς εις τὸ Συνέδριον Αιολικῆς Ένεργείας έν Λουδίω, 1950, ήτο, κατὰ σύμπωσιν, ὁ κ. Κ. Νέβιλ, ὁ χρηματοδότης του ως άνω καταστραφέντος άνεμοκινητήρος των 1000 kW, ὅστις έπέστησε τήν προσοχήν των συνέδρων επί του γεγονότος, ότι έγκατελείφθη πᾶσα προσπάθεια τῆς εκ νέου κατασκευῆς του καταστραφέντος άνεμοκινητήρος, καθ' ὅσον αὐτῆ θά ήτο άπαγορευτικῶς δαπανηρά.

Δύναται νά έξαχθῆ τὸ συμπέρασμα, ότι ναί μὲν οί μικροί άνεμοκινητήρες ένίστε κατασκευάζονται τεχνικῶς άρτιοί, πέραν όμως ένὸς ώρισμένου ὀρίου ισχύος ή τεχνικῶς άρτία κατασκευή των θά άπήτει τόσον μεγάλην δαπάνην, ὡστε τὸ υπό του άνεμοκινητήρος παραγόμενον kWh νά ήτο ασύμφορον άπό οίκοδομηκῆς άπόψεως, ὅπως άκριβῶς τούτο συμβαίνει σήμερα με τήν ηλεκτρικῆν ένεργειαν τήν παραγομένην μέσω Πυρηνικῶν Άντιδραστήρων.

Ἀποτελεῖ ἀναμφισβήτητον γεγονός, ὅτι ὁ μέγας ἐνθουσιασμός ὑπὲρ τῆς χρησιμοποίησεως τῆς Αἰολικῆς Ἐνεργείας ἐξεδηλώθη ὑπὸ ἀνθρώπων, οἵτινες νὰ μὲν ἦσαν εἰς θέσιν νὰ ἀντιληφθοῦν καὶ νὰ ἐκτιμήσουν μίαν πηγὴν ἐνεργείας, ἣτις παρέχεται δωρεὰν ὑπὸ τῆς φύσεως, ἀλλὰ ἐστεροῦντο τῶν ἀπαιτουμένων τεχνικῶν γνώσεων, ἵνα δυνηθοῦν νὰ ἐπεξεργασθοῦν καὶ τὴν τεχνικὴν πλευρὰν τοῦ προβλήματος τῆς μετατροπῆς τῆς πνοῆς τοῦ Ἀνέμου εἰς κινητήριον δύναμιν.

Ἐπειδὴ καὶ τοῦτο πρέπει νὰ λεχθῆ: ἀκριβῶς ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν ὕδατοπτώσεων, ὅπου ἡ μελέτη αὐτῶν ἀπαιτεῖ τὴν αὐτονόητον καὶ στενὴν συνεργασίαν τοῦ Πολιτικοῦ Μηχανικοῦ, τοῦ Μηχανολόγου Μηχανικοῦ, τοῦ Ἡλεκτρολόγου Μηχανικοῦ καὶ τοῦ Οἰκονομολόγου, οὕτω καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς Ἐνεργείας Πνοῆς τοῦ Ἀνέμου ἀπαιτεῖται ἡ στενὴ συνεργασία, πάλιν, τοῦλάχιστον τῶν ὡς ἄνω τεσσάρων κατηγοριῶν εἰδικῶν.

Ἐν βλέμμα ὅμως εἰς τὴν βιβλιογραφίαν περὶ τῶν θεμάτων τῆς Αἰολικῆς Ἐνεργείας ἀποκαλύπτει, ὅτι οἱ ἐκάστοτε συγγραφεῖς ἀνήκον εἰς τὴν μίαν μόνον ἐκ τῶν ὡς ἄνω τεσσάρων κατηγοριῶν, εἴτε ἀκόμη εἰς καμμίαν ἐξ αὐτῶν. Ἡ ἀναρμοδιότης τῶν ἐν λόγῳ συγγραφέων ἐμφανίζεται συνήθως ἀμέσως, ὅταν οὗτοι εἰσέρχωνται εἰς τὸ θεωρητικὸν μέρος τοῦ προβλήματος, ὅπου δὲν δύνανται ἐνίστε νὰ κάμνουν ἀκόμη καὶ τὴν διάκρισιν μεταξὺ kW καὶ kWh, ἢ ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ κατὰ τὸ 1956 ἐκδοθέντος Γερμανικοῦ εἰδικοῦ συγγράμματος περὶ Ἀνεμοκινήτων τοῦ ναυ Heys, τὸ ὁποῖον θρῖβει κυριολεκτικῶς σφαλμάτων.

Ἐν συμπεράσματι δύνανται νὰ λεχθῆ, ὅτι ἐλάχιστα μόνον εἶναι αἱ δημοσιεύσεις ὅπου ἡ θεωρία τῶν Ἀνεμοκινήτων ἐκτείνεται κατὰ τι πέραν τῆς γνωστῆς θεωρητικῆς συναρτήσεως τῆς ὑπὸ τοῦ Ἀνέμου παραγομένης Ἐνεργείας μετὰ τῆς τρίτης δυνάμεως τῆς Ταχύτητος αὐτοῦ.

Ἐπὶ τὰς συνθήκας αὐτάς, φρονῶ ὅτι μοῦ ἐπιβάλλεται νὰ προτάξω τῆς παρουσίης Μελέτης καὶ μίαν σύντομον ἀνάπτυξιν τοῦ ὑπ' ὄψιν θεωρητικοῦ προβλήματος.

1. Η ΥΠΟ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Συμφώνως μὲ μίαν στοιχειώδη ἀρχὴν τῆς Μηχανικῆς, ἡ κινητικὴ ἐνέργεια μίᾶς μάζης ἀέρος m, κινουμένης μὲ ταχύτητα u εἰς m/sec, ἰσοῦται μέ:

$$E = \frac{mu^2}{2} \text{ [mkg]}$$

Ἡ πυκνότης ρ ὀρίζεται ὡς:

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ ἢ } m = \rho \cdot V$$

ὅπου V εἶναι ὁ εἰς τὴν μάζαν m ἀντιστοιχῶν ὄγκος ἀέρος, εἰς m<sup>3</sup>. Ἐπειδὴ τὸ εἰδικὸν βᾶρος γ ἰσοῦται μέ:

$$\rho = \rho \cdot g, \text{ ἢτοι } \rho = \frac{\gamma}{g}$$

ὅπου g ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος, ἔπεται ὅτι:

$$E = \frac{u^2}{2} \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot V$$

Μὲ τὰς τιμάς:

$$\gamma = 1,22 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/sec}^2$$

ἐξάγεται:

$$E = \frac{1,22}{2 \cdot 9,81} \cdot V \cdot u^2$$

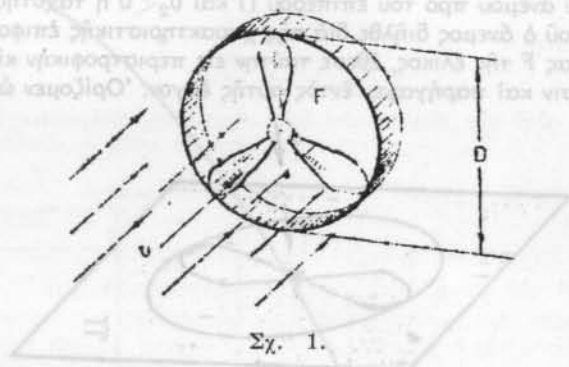
ἢ

$$E = \frac{V \cdot u^2}{16} \text{ [mkg]} \quad (1)$$

Αὕτη εἶναι ἡ κινητικὴ ἐνέργεια, δηλαδὴ τὸ ἔργον τὸ παραγόμενον ὑπὸ τοῦ ὄγκου V ἀέρος, ὅταν οὗτος κινήται μὲ ταχύτητα u. Ἡ ἰσχύς εἶναι ἡ ἰκανότης τῆς παραγωγῆς ἐνὸς ὠρισμένου Ἔργου ἐντὸς τῆς μονάδος τοῦ χρόνου, δηλαδὴ ἐντὸς 1 sec. Ὡς ἐκ τούτου, εἰς τὸν τύπον (1) διὰ V πρέπει νὰ εἰσαχθῆ ὁ ὄγκος ἀέρος, ὁ ὁποῖος διέρχεται μὲ τὴν ταχύτητα u εἰς τὸ ἀνεμοκινήτηρος. Εἰς αὐτὸν ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ ἀνέμου μετατρέπεται εἰς ἐνέργειαν τῆς περιστροφικῆς κινήσεως τῆς ἑλικος. Ὅριζοντες ὡς  $F = \frac{\pi D^2}{4}$

τὴν ἐπιφάνειαν εἰς m<sup>2</sup> τοῦ κύκλου διαμέτρου D, τοῦ διαγραφομένου ὑπὸ τῶν ἄκρων τῶν πτερυγίων τῆς ἑλικος (Σχ. 1), συνάγομεν προφανῶς, ὅτι:

$$V = F \cdot u$$



ὁπότε ἡ ὑπὸ τοῦ ἀνέμου παραγομένη ἰσχύς N εἶναι:

$$N = \frac{u^3}{16} \cdot F \cdot u$$

δηλαδὴ

$$N = \frac{F \cdot u^3}{16} \text{ [mkg/sec]} \quad (2)$$

Ἐπειδὴ

$$1 \text{ mkg/sec} = 9,81 \text{ Watt},$$

ἔπεται:

$$N = \frac{9,81}{1000} \cdot \frac{F \cdot u^3}{16}$$

δηλαδὴ:

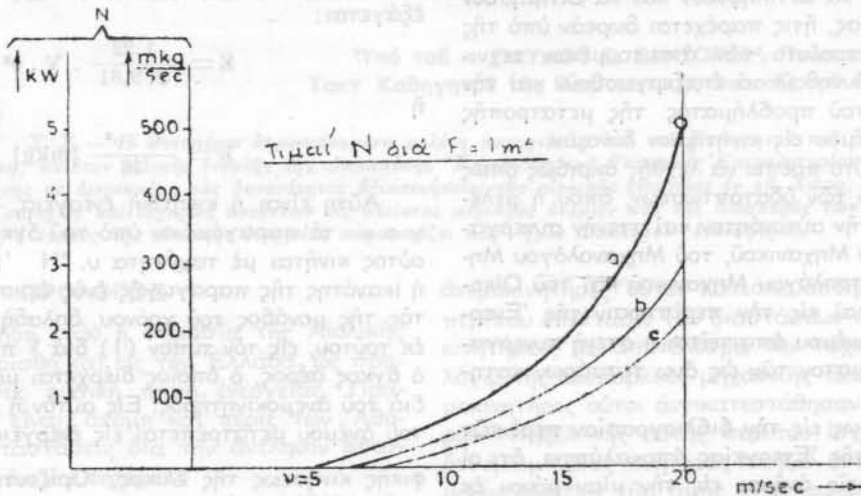
$$N = \frac{F \cdot u^3}{1631} \text{ [kW]} \quad (3)$$

Τονίζεται ἐνταῦθα ὁ ὀρισμός τοῦ F, ὡς ἀνωτέρω ἐδόθη, ἐν ἀντιθέσει μὲ τὸ αὐτὸ σύμβολον F τῆς εἰς τὰ «Τεχνικὰ Χρονικά» δημοσιευθείσης μελέτης μου, ὅπου τοῦτο ὠρίζετο ὡς τὸ ἄθροισμα τῶν ἐπιφανειῶν τῶν πτερυγίων τῆς ἑλικος.

Είς τὸ Σχ. 2 ἡ καμπύλη α παριστᾷ τὴν συνάρτησιν μεταξὺ τῆς ἰσχύος N εἰς kW ἢ mkg/sec καὶ τῆς ταχύτητος πνοῆς τοῦ ἀνέμου, εἰς m/sec, ἀνά

κὴ ἐνέργεια, ἢ ταχύτης ἐξόδου αὐτοῦ  $u_2$  πρέπει ἀπαραίτητως νὰ εἶναι  $u_2 > 0$ .

Ὑπενθυμίζομεν, ὅτι ὁ τύπος (2):



Σχ. 2.

$F = 1 \text{ m}^2$ .

Ἐστω (Σχ. 3) Π τὸ ἐπίπεδον, ἐντὸς τοῦ οὗοῦο περιστρέφεται ἡ ἔλιξ τοῦ ἀνεμοκινητήρος,  $u$  ἡ ταχύτης τοῦ ἀνέμου πρὸ τοῦ ἐπιπέδου Π καὶ  $u_2 < u$  ἡ ταχύτης, ἀφοῦ ὁ ἀνεμος διήλθε διὰ τῆς χαρακτηριστικῆς ἐπιφανείας F τῆς ἔλικος, ἔθεσε ταύτην εἰς περιστροφικὴν κίνησιν καὶ παρήγαγεν ἐντὸς αὐτῆς ἔργον. Ὅριζομεν ὡς

ἀναλύεται ὡς:

$$N = \frac{F \cdot v^3}{16}$$

$$N = \frac{v^3}{16} \cdot (F \cdot v)$$

ὅπου  $\frac{v^3}{16}$  εἶναι ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τῶν μορίων τοῦ ἀέρος καὶ  $(F \cdot v)$  εἶναι ὁ ἀνά δευτερόλεπτον διερχόμενος ὄγκος ἀέρος V.

Ὑπὸ τῆς ἔλικος καταναλίσκεται, ἀνά δευτερόλεπτον, ἐνέργεια, ἥτις ἰσοῦται μὲ τὴν διαφορὰν τῆς κινητικῆς ἐνεργείας τοῦ ἀνέμου πρὸ καὶ μετὰ τὴν διέλευσιν αὐτοῦ διὰ τῆς ἔλικος:

$$\frac{v^3}{16} - \frac{u_2^3}{16} = \frac{v^3 - u_2^3}{16}$$

Ὅπως, ὡς ἄνω ἀνεφέρθη, ἡ ταχύτης τοῦ ἀνέμου ἐντὸς τοῦ ἐπιπέδου τῆς ἔλικος εἶναι:

$$v_1 = \frac{v + u_2}{2}$$

$u_1$  τὴν μέσσην ταχύτητα τοῦ ἀνέμου, μετὰ τῆς οὗοῦο αὗτος διέρχεται διὰ τῆς ἔλικος τοῦ ἀνεμοκινητήρος:

$$u_1 = \frac{v + u_2}{2}$$

Ἐκ πρώτης ὄψεως θὰ εἰφαίνετο, ὅτι τὸ μέγιστον τῆς διαθέσιμου ἐνεργείας τοῦ ἀνέμου θὰ παρήγετο ὅταν  $u_2 = 0$ , δηλαδὴ ὅταν ὀλόκληρος ἡ ταχύτης τοῦ ἀνέμου  $u$  θὰ κατηνάλισκετο διὰ τὴν παραγωγὴν ἐνεργείας ἐντὸς τῆς ἐπιφανείας F.

Ἐν τούτοις, τυγχάνει φανερόν, ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ ἔλιξ οὐδεμίαν θὰ παρήγεν ἐνέργειαν, καθ' ὅσον, τεθέντος  $u_2 = 0$ , ἡ μάζα ἀέρος V δὲν θὰ ἠδύνατο καθόλου νὰ διέλθῃ διὰ τοῦ ἐπιπέδου τῆς ἔλικος καὶ θὰ συνεσωρεύετο ἀναγκαστικῶς, καὶ μάλιστα μὲ ταχύτητα ἐπίσης  $u = 0$ , ἔμπροσθεν αὐτῆς.

Ὑπὸ τὰς συνθήκας αὗτὰς εἶναι αὐτονόητον, ὅτι διὰ νὰ παραχθῇ ὑπὸ τοῦ ἀνέμου ταχύτητος  $u$  μηχανικὴ ἐνέργεια, ἡ ταχύτης ἐξόδου αὐτοῦ  $u_2$  πρέπει ἀπαραίτητως νὰ εἶναι  $u_2 > 0$ .

Ὡς ἐκ τούτου, ὁ ὄγκος ἀέρος, ὁ διερχόμενος ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου διὰ τῆς ἔλικος εἶναι:

$$\frac{v + u_2}{2} \cdot F$$

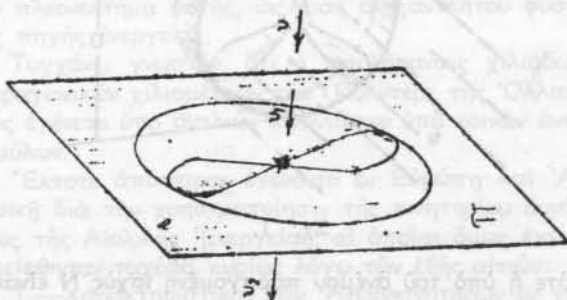
Συνεπῶς ἡ ἔλιξ ἀποδίδει συνολικῶς τὴν θεωρητικὴν ἰσχὴν  $N_\phi$ .

$$N_\phi = \left( \frac{v^3 - u_2^3}{16} \right) \cdot \left( \frac{v + u_2}{2} \cdot F \right)$$

$$N_\phi = \left( \frac{v^3 - u_2^3}{16} \cdot \frac{v + u_2}{2} \right) \cdot F \text{ [mkg/sec]} \quad (4)$$

Ὡς ἀνωτέρω ἀνεφέρθη, ἡ μεγίστη ἰσχύς  $N_\phi$  ἐπιτυγχάνεται ὅταν ἡ τιμὴ τοῦ  $u_2$  προσλάβῃ τὸ καταλληλότερον μέγεθος.

Ὁ προσδιορισμὸς τῆς τιμῆς αὐτῆς τοῦ  $u_2$  ἐπιτυγ-



Σχ. 3.

χάνεται διὰ τῆς ἐξετάσεως τοῦ λόγου τῶν ταχυτήτων  $u_2$ :  $u$  μετὰ καὶ πρὸ τοῦ ἐπιπέδου τῆς ἑλικος. Πρὸς τοῦτο ἀναγράφεται ὁ λόγος τῆς ἰσχύος  $N_\theta$  πρὸς τὴν ἰσχὺν  $N_0$  τοῦ ἀνέμου, ὅταν οὗτος δὲν παράγει ἔργον, δηλαδῆ:

$$N_0 = u^3 F: 16$$

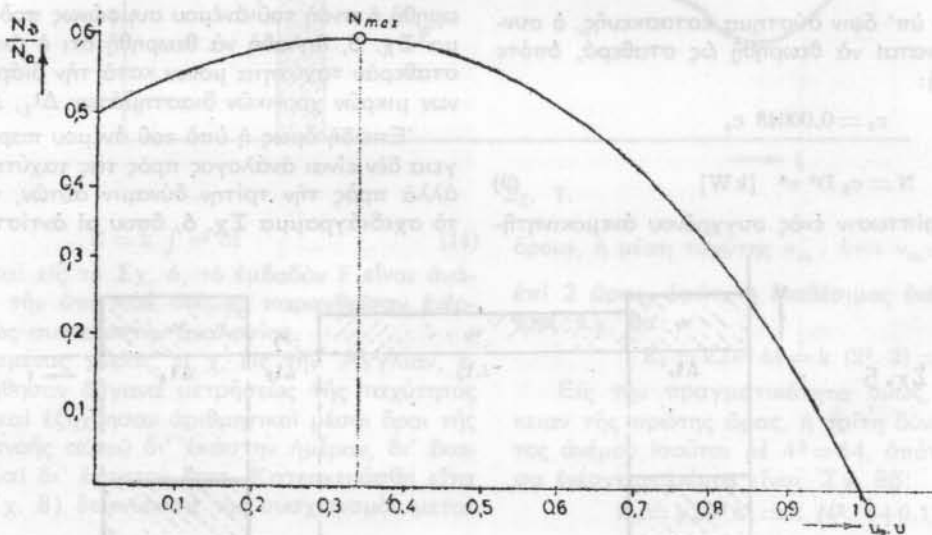
Συνεπῶς:

$$\frac{N_\theta}{N_0} = \frac{u^2 - u_2^2}{16} \cdot \frac{u + u_2}{2} \cdot F = \frac{(u^2 - u_2^2)(u + u_2)}{2u^3}$$

$$\frac{N_\theta}{N_0} = \frac{1}{2} \left[ 1 - \left( \frac{u_2}{u} \right)^2 \right] \left( 1 + \frac{u_2}{u} \right) \quad (5)$$

Διὰ σειρὰν διαφόρων τιμῶν  $u_2$ :  $u$  κατεσκευάσθη ἡ παραστατική καμπύλη τῶν λόγων  $N_\theta$ :  $N_0$  καὶ προσδιωρίσθη ἡ εἰς τὴν μεγίστην ἰσχὺν  $N_{max}$  ἀντιστοιχοῦσα ἀναλογία ταχυτήτων ἀνέμου  $u_2$ :  $u$ .

Ἐκ τῆς παραστατικῆς καμπύλης (Σχ. 4) συνάγεται, ὅτι ἡ ἑλιξ παράγει τὴν μεγίστην δυνατὴν ἰσχὺν



Σχ. 4.

ὅταν ἡ ταχύτης  $u_2$  ὀπισθεν τῆς ἑλικος ἰσοῦται μὲ τὸ  $1/3$  τῆς ταχύτητος πνοῆς  $u$  τοῦ ἀνέμου ἔμπροσθεν αὐτῆς.

$u_2 : u$	$N_\theta : N_0$
4 : 5	0,324
3 : 5	0,512
2 : 5	0,588
1 : 3	16/27
1 : 5	0,575

Ἡ μεγίστη ἰσχύς  $N_{max}$  ὑπολογίζεται διὰ  $u_2 = u/3$  ὡς ἑξῆς:

$$N_{max} = \frac{1}{16} \left( u^2 - \frac{u^2}{9} \right) \left( \frac{u + u/3}{2} \right) \cdot F$$

$$N_{max} = \frac{16}{27} \cdot \frac{F \cdot u^3}{16}$$

$$N = \frac{16}{27} \cdot N' \quad [\text{mkg/sec}] \quad (6)$$

ὅπου  $N = \frac{F \cdot u^3}{16}$  εἶναι ἡ ἤδη εἰς τὸν τύπον (2) εὑρεθεῖσα τιμῆ.

Ἡ καμπύλη  $b$ , εἰς τὸ Σχ. 2, παριστᾷ τὴν θεωρητικῶς ὑπὸ τῆς ἑλικος ἐνὸς ἀνεμοκινητήρος παραγομένη ἰσχὺν, ἡ ὁποία ἀνέρχεται, ὡς ἤδη εἰδείχθη, εἰς τὰ  $16/27$  μόνον τῶν ἀντιστοιχῶν τιμῶν τῆς καμπύλης  $a$ .

Λόγω τῶν μηχανικῶν ἀπωλειῶν ἐντὸς τοῦ ἀνεμοκινητήρος, ἡ ὡς ἄνω ἐξαχθεῖσα θεωρητικὴ τιμὴ δέον νὰ πολλαπλασιασθῆ μὲ τὸν συντελεστὴν ἀποδόσεως τοῦ ἀνεμοκινητήρος  $\phi$ :

$$N = \phi \cdot \frac{16}{27} \cdot \frac{F \cdot u^3}{16}$$

Τεθέντος:

$$c_1 = \phi \cdot \frac{16}{27}$$

ἔπεται:

$$N = c_1 \cdot \frac{F \cdot u^3}{16} \quad [\text{mkg/sec}] \quad (7)$$

Ἡ ἔρμηνεία τοῦ συντελεστοῦ  $c_1$  εἶναι συνεπῶς ὁ λόγος τῆς πραγματικῆς διαθέσιμου ἰσχύος ἐπὶ τοῦ ἄξονος ἐνὸς ἀνεμοκινητήρος πρὸς τὴν μεγίστην θεωρητικὴν ἰσχὺν τοῦ ἀνέμου. Ἡ καμπύλη  $c$  τοῦ Σχ. 2 παριστᾷ τὴν ἰσχὺν  $N$  τοῦ τύπου (7) ὑπολογιζομένη μὲ συντελεστὴν  $c_1 = 0,45$ , ἡ ὁποία εἶναι ἡ καλυτέρα τιμὴ ἢ ἐπιτευχθεῖσα εἰς ἐργαστηριακὰ πειράματα.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα: Ἄνεμοκινητῆρ συστήματος Allgaier, συγχρόνου κατασκευῆς, ἔχει διάμετρον ἑλικος  $D = 10$  m, δηλαδῆ ἔμβα-

δόν  $F = \frac{\pi D^2}{4} = 78,5 \text{ m}^2$ . Ο άνεμοκινητήρ ουτος παράγει ισχύν  $N = 8,5 \text{ kW}$  δια ταχύτητα ανέμου ίσην με  $8 \text{ m/sec}$ . Συνεπώς:

$$N = \frac{8500}{9,81} = 866 \text{ mkg/sec}$$

και

$$c_1 = \frac{16 \cdot N}{F \cdot v^3} = \frac{16 \cdot 866}{78,5 \cdot 8^3} = 0,354$$

Η ως άνω αναδρομικώς υπολογισθείσα τιμή  $c_1 = 0,35$  ανταποκρίνεται πρὸς τὴν πράγματι πρακτικὴν ἀπόδοσιν ἐνὸς άνεμοκινητήρος και εἶναι ἐκεῖνη, ἡ ὁποία δέον νὰ ληφθῆ σήμερον ὡς βάση τῶν ὑπολογισμῶν.

Εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς ἡ ἰσχύς ἐκφράζεται εἰς:

$$N = c_1 \frac{F \cdot v^3}{1631} \quad [\text{kW}]$$

$$\text{Μὲ } F = \pi D^2/4:$$

$$N = \frac{c_1 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot v^3}{4 \cdot 1631} = 0,00048 \cdot c_1 \cdot D^2 \cdot v^3 \quad [\text{kW}] \quad (8)$$

Δι' ἕκαστον ὑπ' ὄψιν σύστημα κατασκευῆς, ὁ συντελεστὴς  $c_1$  δύναται νὰ θεωρηθῆ ὡς σταθερά, ὁπότε δύναται νὰ τεθῆ:

$$c_2 = 0,00048 \cdot c_1$$

ὁπότε:

$$N = c_2 D^2 v^3 \quad [\text{kW}] \quad (9)$$

Διὰ τὴν περίπτωσιν ἐνὸς συγχρόνου άνεμοκινητή-

ρος, ὡς οὗτος ἐξητάσθη εἰς τὸ ἀριθμητικὸν παράδειγμα, ἡ τιμὴ τοῦ  $c_2$  ἐξάγεται:

$$c_2 = 0,00048 \times 0,345 = 0,0001657$$

Ἡ τιμὴ αὕτη τοῦ συντελεστοῦ  $c_2$  δύναται συνεπῶς νὰ χρησιμοποιηθῆ, ἐλλείψει ἰδιαίτερον διευκρινήσεων, διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῆς ὑπὸ ἐνὸς συγχρόνου άνεμοκινητήρος παραγομένης ἰσχύος:

$$N = 0,00016 \cdot D^2 \cdot v^3 \quad [\text{kW}] \quad (10)$$

Τὸ ὑπὸ τοῦ άνεμοκινητήρος εἰς χρόνον  $t$  παραχθὲν ἔργον εἶναι κατ' ἀρχὴν

$$E = N \cdot t = c_2 \cdot D^2 \cdot v^3 \cdot t \quad [\text{kWh}] \quad (11)$$

Τυχάνει αὐτόνοητον, ὅτι δι' ἕνα ὠρισμένον άνεμοκινητήρα ὁ συντελεστὴς  $c_2$  και ἡ διάμετρος αὐτοῦ δύναται νὰ συμπυχθοῦν εἰς ἕνα νέον συντελεστὴν  $k$ :

$$k = c_2 \cdot D^2$$

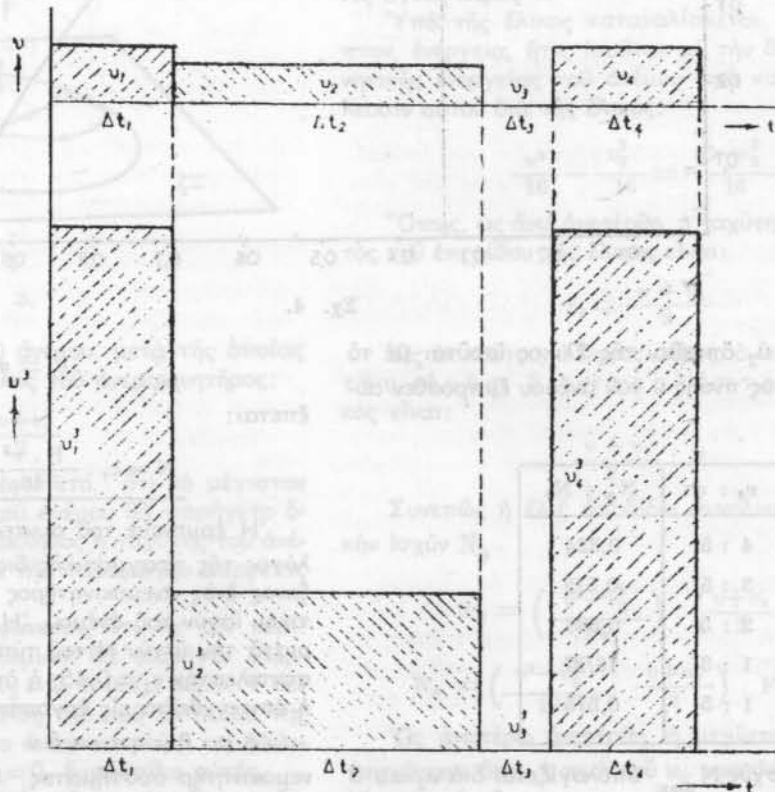
ὁπότε

$$E = k \cdot v^3 \cdot t \quad (12)$$

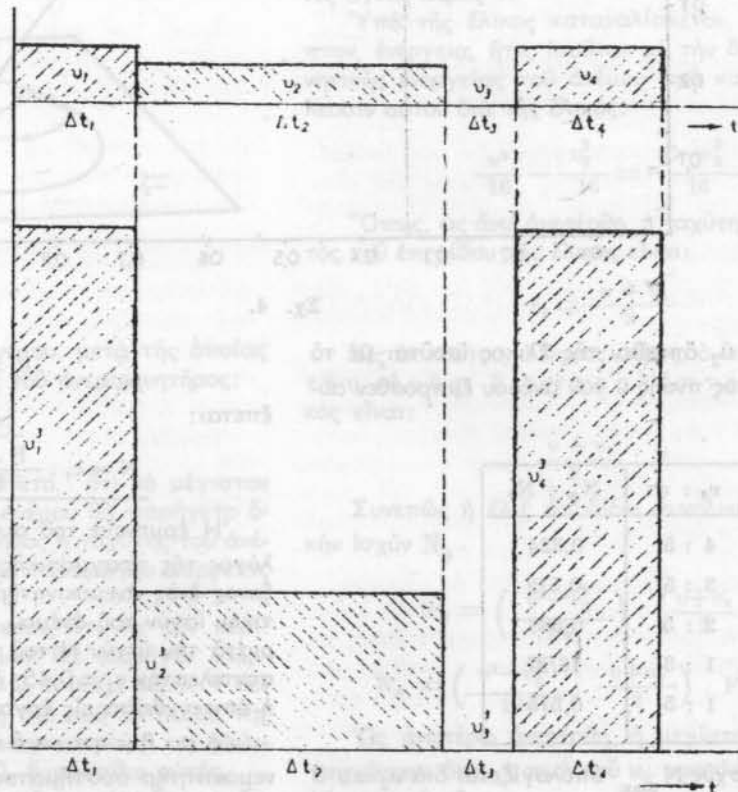
Ὁ τύπος οὗτος προϋποθέτει πνοὴν ανέμου με σταθερὰν ταχύτητα  $v$ , τυχάνει ὁμως γνωστόν, ὅτι εἰς τὴν πραγματικότητα ὁ άνεμος οὐδόλως πνέει με σταθερὰν ταχύτητα. Κατὰ πρώτην προσέγγισιν δύναται νὰ θεωρηθῆ ἡ πνοὴ τοῦ ανέμου συμφώνως πρὸς τὸ διάγραμμα Σχ. 5, δηλαδὴ νὰ θεωρηθῆ ὅτι ὁ άνεμος πνέει με σταθερὰν ταχύτητα μόνον κατὰ τὴν διάρκειαν ὠρισμένων μικρῶν χρονικῶν διαστημάτων  $\Delta t_1, \Delta t_2, \dots$

Ἐπειδὴ ὁμως ἡ ὑπὸ τοῦ ανέμου παραγομένη ἐνέργεια δὲν εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὰς ταχύτητας  $v_1, v_2, \dots$ , ἀλλὰ πρὸς τὴν τρίτην δύναμιν αὐτῶν, κατεσκευάσθη τὸ σχεδιάγραμμα Σχ. 6, ὅπου αἱ ἀντίστοιχοι ταχύτη-

Σχ. 5



Σχ. 6



τες εμφανίζονται απ' ευθείας εις την τρίτην δύναμιν. Βάσει του Σχ. 6 τούτου, ή υπό του ανέμου παραχθεΐσα ενέργεια είναι ανάλογος πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἔμβαδῶν  $u^3 \Delta t$ :

$$E = k (v_1^3 \Delta t_1 + v_2^3 \Delta t_2 + v_3^3 \Delta t_3 + \dots)$$

δηλαδή:

$$E = k \sum_{r=1}^{r=n} v_r^3 \Delta t_r \quad (13)$$

Εἰς τὴν πραγματικότητα, ή ταχύτης πνοῆς τοῦ ανέμου μεταβάλλεται συνεχῶς, περίπου ὅπως εἰς τὸ Σχ. 7, ὁπότε ή υπό του ανέμου παραχθεΐσα ενέργεια ἐκφράζεται διὰ:

$$E = k \int v^3 dt \quad (14)$$

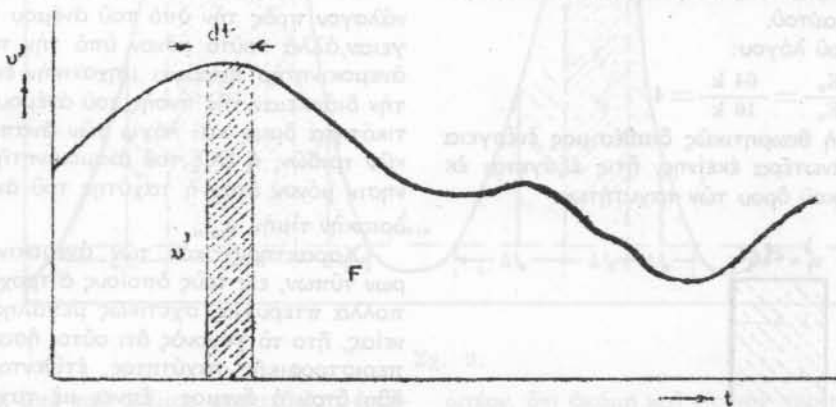
Ὅπως καὶ εἰς τὸ Σχ. 6, τὸ ἔμβαδὸν F εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν υπό του ανέμου παραχθεΐσαν ἐνέργειαν με k ὡς συντελεστήν ἀναλογίας.

Εἰς ὠρισμένας χώρας, π. χ. εἰς τὴν Ἑγγλίαν, ἐχρησιμοποίησαν ὄργανα μετρήσεως τῆς ταχύτητος τοῦ ανέμου καὶ ἐξήχθησαν ἀριθμητικοὶ μέσοι ὄροι τῆς ταχύτητος πνοῆς αὐτοῦ δι' ἐκάστην ἡμέραν, δι' ἕκαστον μῆνα καὶ δι' ἕκαστον ἔτος. Κατεσκευάσθη εἴτα καμπύλη (Σχ. 8) δεικνύουσα τὸν συσχετισμὸν μετα-

ξὺ τῶν ὡς ἄνω ἀριθμητικῶν μέσων ὠρῶν ταχύτητος πνοῆς τοῦ ανέμου καὶ τῶν ἀντιστοίχων ὠρῶν ἐνδὸς ἕτους, κατὰ τὴν διάρκειαν τῶν ὁποίων ἦτο διαθέσιμος ἐκάστη ἐκ τῶν ταχυτήτων αὐτῶν.

Οἱ Ἑγγλοὶ ἐβάσισθησαν ἐπὶ καμπυλῶν τοῦ Σχ. 8 διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῆς υπό του ανέμου διαθέσιμου ἐνεργείας. Τὸ ἀκατάλληλον ὅμως τῆς χρησιμοποίησεως τοῦ ἀριθμητικοῦ μέσου ὄρου δύο ταχυτήτων ανέμου, ὡς βάσεως διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῆς ὑπ' αὐτοῦ παραγομένης ἐνεργείας, ἀποδεικνύεται διὰ τοῦ ἐξῆς παραδείγματος:

Ἐστω ταχύτης ανέμου  $u = 4$  m/sec ἐπὶ μίαν ὥραν καὶ  $u = 0$ , δηλαδή νηνεμία, ἐπὶ ἑτέραν μίαν ὥραν. Κατὰ τὴν ἀντίληψιν τῶν ὁπαδῶν τοῦ «ἀριθμητικοῦ μέσου



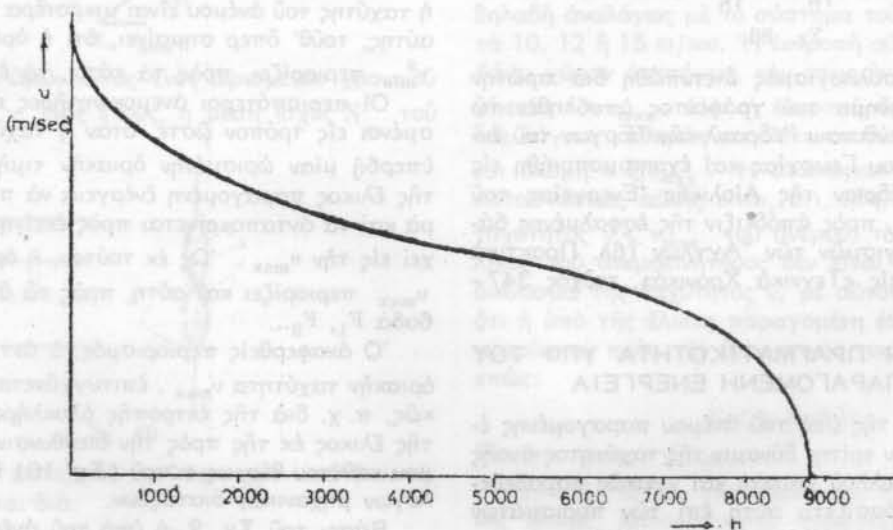
Σχ. 7.

ὄρου», ή μέση ταχύτης  $v_m$ , ἦτοι  $v_m = \frac{4+0}{2} = 2$  m/sec ἐπὶ 2 ὥρας, ὁπότε ή διαθέσιμος ἐνέργεια ανέμου θα ἦτο, Σχ. 8α:

$$E_1 = k \Sigma v^3 \Delta t = k (2^3 \cdot 2) = 16 \cdot k$$

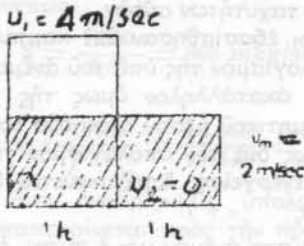
Εἰς τὴν πραγματικότητα ὅμως, κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς πρώτης ὥρας, ή τρίτη δύναμις τῆς ταχύτητος ανέμου ἰσοῦται με  $4^3 = 64$ , ὁπότε ή ἀντιστοιχοῦσα ἐνέργεια ανέμου εἶναι, Σχ. 8β:

$$E_2 = k \Sigma v^3 \Delta t = k (4^3 \cdot 1 + 0 \cdot 1) = 64 \cdot k$$



Σχ. 8.

Έκ του ως άνω παραδείγματος εμφανίζεται το ά-  
παράδεκτον της χρησιμοποίησεως του αριθμητικού μέ-



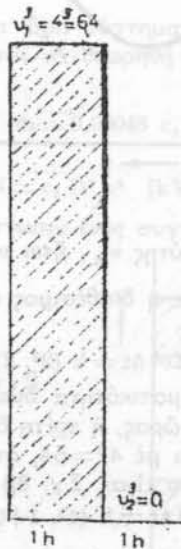
Σχ. 8α.

σου όρου των ταχυτήτων του ανέμου δια των υπολογι-  
σμών της ενέργειας αυτού.

Πράγματι, εκ του λόγου:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{64 \text{ k}}{16 \text{ k}} = 4$$

άποδεικνύεται, ότι ή θεωρητικώς διαθέσιμος ενέργεια  
είναι άσυγκρίτως άνωτέρα εκείνης, ήτις έξάγεται εκ  
του μέσου αριθμητικού όρου των ταχυτήτων.



Σχ. 8β.

Ό ως άνω συλλογισμός διευτυπώθη δια πρώτην  
φοράν εις Υπόμνημα του γράφοντος υποβληθέν τώ  
1945 εις την Διεύθυνσιν Υδραυλικών Έργων του έν-  
ταύθα Υπουργείου Γεωργίας και έχρησιμοποιήθη εις  
το Διεθνές Συνέδριον της Αιολικής Ένεργείας του  
Λονδίνου (1950), προς άπόδειξιν της έσφαλμένης βά-  
σεως των υπολογισμών των Άγγλων (βλ. Πρακτικά  
του Συνεδρίου, εις «Τεχνικά Χρονικά», τεύχος 347 -  
348, έτος 1953).

## 2. Η ΕΙΣ ΤΗΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΥΠΟ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η άναλογία της υπό του ανέμου παραγομένης έ-  
νεργείας προς την τρίτην δύναμιν της ταχύτητος πνοής  
αυτού ήτο πρό πολλού γνωστή και γενικώς παραδεδε-  
γμένη, έπειδη έβασίζετο αυτή επί των πορισμάτων  
της καθαρώς θεωρητικής έξετάσεως του ύπ' όψιν προ-  
βλήματος. Όσοι όμως έμπράκτως παρηκολούθησαν  
την λειτουργίαν άνεμοκινητήρων, έγνώριζον ότι ή ύπ'

αυτών παραγομένη ενέργεια ούδόλως ήτο άνάλογος  
προς τον γνωστόν θεωρητικόν τύπον:

$$E = k \int u^3 dt$$

άλλ' ήτο σημαντικώς μικροτέρα.

Εις το Συνέδριον Αιολικής Ένεργείας του Λονδί-  
νου, 1950, πλην του παραμερισμού του υπολογισμού  
της ενέργειας πνέοντος άνέμου, βάσει των άριθμητι-  
κών μέσων τιμών των ταχυτήτων αυτού, δια πρώτην  
φοράν έξετέθησαν συστηματικώς τα πορίσματα της  
σχετικής έρεύνης της γενομένης επί συγχρόνου άνεμο-  
κινητήρος, τοποθετουμένου επί της στέγης του πα-  
λαιού Έργαστηρίου Φυσικής του Ε.Μ.Π. Τα πορίσμα-  
τα ταύτα δύνανται να συνοψισθούν ως έξής:

1.—Το έμβαδόν F του Σχ. 7 έδείχθη, ότι είναι ά-  
νάλογον προς την υπό του ανέμου παραχθείσαν ένε-  
ργειαν,άλλά τουτο μόνον υπό την προϋπόθεσιν, ότι ο  
άνεμοκινητήρ παράγει μηχανικήν ενέργειαν καθ' όλην  
την διάρκειαν της πνοής του ανέμου. Εις την πραγμα-  
τικότητα όμως και λόγω των άναποφεύκτων έσωτερι-  
κών τριβών, ή έλιξ του άνεμοκινητήρος τίθεται εις κί-  
νησιν μόνον όταν ή ταχύτης του ανέμου υπερβή μίαν  
όριακήν τιμήν  $u_{\min}$ .

Χαρακτηριστικόν των άνεμοκινητήρων παλαιότε-  
ρων τύπων, εις τους όποιους ο τροχός άπετελείτο από  
πολλά πτερύγια, σχετικώς μεγάλης συνολικής έπιφα-  
νείας, ήτο το γεγονός ότι ούτοι ήσαν βραδείας μάλλον  
περιστροφικής ταχύτητος, έτίθεντο όμως εις κίνησιν  
ήδη όταν ο άνεμος έπνεε με ταχύτητα της τάξεως  
 $u_{\min} = 2 \text{ m/sec}$  μόνον. Έν αντίθεσει προς την κατηγο-  
ρίαν αυτήν, ή έλιξ των συγχρόνων άνεμοκινητήρων ά-  
ποτελείται από 2 - 3 μόνον πτερύγια, σχετικώς πολύ  
μικράς έπιφανείας. Η έλιξ αυτή είναι πολύστροφος  
και μεγαλυτέρας μηχανικής άποδόσεως, ή περιστρο-  
φή όμως αυτής αρχίζει μόνον όταν ή ταχύτης του άνέ-  
μου υπερβαίνη μίαν όριακήν τιμήν της τάξεως  $u_{\min} =$   
 $4 \text{ m/sec}$ .

Έστω, Σχ. 9, διάγραμμα ( $u^3, t$ ), όπου τα έμβα-  
δα  $F_1, F_2, \dots$  είναι άνάλογα προς την παραχθείσαν έ-  
νεργειαν του ανέμου. Είναι φανερόν, ότι ούδεμία ένε-  
ργεια παράγεται, κατόπιν των ως άνω λεχθέντων, όταν  
ή ταχύτης του ανέμου είναι μικροτέρα της όριακής τοι-  
αύτης, τουθ' όπερ σημαίνει, ότι ή όριζόντιος γραμμή  
 $u_{\min}^3$  περιορίζει, προς τα κάτω, τα έμβαδα  $F_1, F_2, \dots$

Οι περισσότεροι άνεμοκινητήρες είναι κατασκευα-  
σμένοι εις τρόπον ώστε, όταν ή ταχύτης του ανέμου  
υπερβή μίαν ώρισμένην όριακήν τιμήν  $u_{\max}$ , ή υπό  
της έλικος παραγομένη ενέργεια να παραμείνη σταθε-  
ρά και να άνταποκρίνεται προς εκείνην, ήτις άντιστοι-  
χεί εις την  $u_{\max}$ . Ός εκ τούτου, ή όριζόντια γραμμή  
 $u_{\max}^3$  περιορίζει και αύτη, προς τα άνω όμως, τα έμ-  
βαδα  $F_1, F_2, \dots$ .

Ό άναφερθείς περιορισμός, ο άντιστοιχών εις την  
όριακήν ταχύτητα  $u_{\max}$ , έπιτυγχάνεται, κατασκευαστι-  
κώς, π. χ. δια της έκτροπής ολοκλήρου του έπιπέδου  
της έλικος εκ της προς την διεύθυνσιν πνοής του άνέ-  
μου καθέτου θέσεως αυτού (Σχ. 10) ή δι' άλλων άνα-  
λόγων μηχανικών διατάξεων.

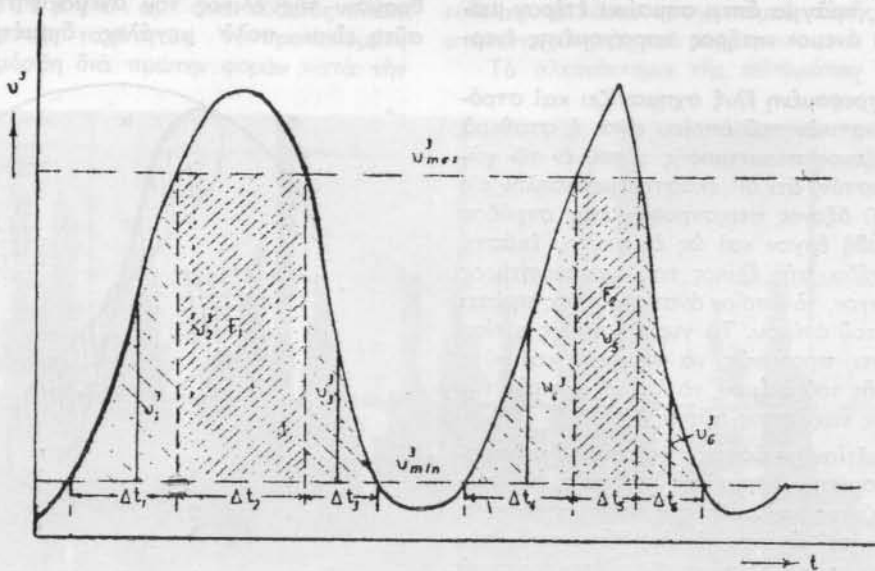
Βάσει του Σχ. 9, ή υπό του ανέμου παραχθείσα  
ένέργεια:

$$E = k \int u^3 dt \quad (14)$$

δύναται να υπολογισθῆ διὰ τῆς υποδιαιρέσεως τῶν ἐπιφανειῶν  $F_1, F_2, \dots$  εἰς τμήματα ἀπλῶν γεωμετρικῶν σχημάτων. Τοιοῦτοτρόπως ἡ ἐπιφάνεια  $F_1$  δύναται να θεωρηθῆ ὅτι ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓν τρίγωνον πλάτους  $\Delta t_1$  καὶ ὕψους  $u_1^3$ , ἀπὸ ὀρθογώνιον πλάτους  $\Delta t_2$  καὶ ὕψους  $u_2^3$  καί, τέλος, ἀπὸ τρίγωνον πλάτους  $\Delta t_3$  καὶ

ὅπου τὸ ἄθροισμα τῶν ἐπιφανειῶν  $F$  δέον να ἐπεκταθῆ ἐφ' ὀλοκλήρου τοῦ χρονικοῦ διαστήματος  $T$ .

Ἡ ὡς ἄνω τιμὴ τῆς μέσης ἰσχύος  $N_m$  δύναται να ἐπιτευχθῆ μόνον εἰς τὰς περιπτώσεις ἐκείνας, ὅπου παρήχθη ἔργον ἀναποκρινόμενον πλήρως πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἐπιφανειῶν  $F_1, F_2, \dots$  τοῦ Σχ. 9. Σημει-



Σχ. 9.

ὑψους  $u_3^3$ , ὅποτε ἡ ὑπὸ τοῦ ἀνέμου παραχθεῖσα ἐνέργεια ἀναποκρίνεται πρὸς

ωτέον, ὅτι ἀκόμη καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ἐναποθηκεύσεως τῆς ἐνεργείας τοῦ ἀνέμου, εἰς τὴν πραγματικότητα, τοῦτο δὲν δύναται να ἐπιτευχθῆ πλήρως.

2.—Ὁ γενικὸς τύπος:

$$E = k \int v^3 dt$$

προϋποθέτει, ὅτι τὸ ἐπίπεδον τῆς ἑλικος τοῦ ἀνεμοκινητήρος εὐρίσκεται πάντοτε κάθετον πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς πνοῆς τοῦ ἀνέμου.

Εἶδομεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον, ὅτι, διὰ καθαρῶς μηχανικῶν διατάξεων, τὸ ἐπίπεδον τῆς ἑλικος ἐκτρέπεται ἐκ τῆς κανονικῆς τοῦ θέσεως, ὡς ἀκρίως ἡ ταχύτης τοῦ ἀνέμου φθάνει τὴν ὀριακὴν τιμὴν  $v_{max}$ , δηλαδὴ ἀναλόγως μετὰ τὸ σύστημα τοῦ ἀνεμοκινητήρος, τὰ 10, 12 ἢ 15 m/sec. Ἡ ἐκτροπὴ αὕτη ὁμως δὲν λαμβάνει χώραν ἀποτόμως, τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν γίνεται  $v = v_{max}$ , ἀλλ' ἡ ἐκτροπὴ ἄρχεται βαθμηδόν, διὰ λόγους καθαρῶς κατασκευαστικούς, ἤδη ὅταν εἶναι ἀκόμη  $v < v_{max}$ . Ἡ ἀναπόφευκτος συνέπεια τῆς καταστάσεως αὐτῆς εἶναι, ἤδη, διὰ μέσας τιμὰς ταχύτητος  $v < v_{max}$  τοῦ ἀνέμου, τὸ ἐπίπεδον τῆς ἑλικος τοῦ ἀνεμοκινητήρος δὲν εἶναι κάθετον πρὸς τὸ διάνυσμα τῆς ταχύτητος  $v$ , με αὐτονόητον συνέπειαν, ὅτι ἡ ὑπὸ τῆς ἑλικος παραγομένη ἐνέργεια δὲν ἀναποκρίνεται πρὸς τὴν θεωρητικὴν τοιαύτην. Εἶναι συνέπεια:

$$E < k \int v^3 dt$$

ἤδη διὰ τιμὰς  $v < v_{max}$ .

3.—Ἐξ αἰτίας τῆς ἀδρανεῖας τῆς περιστρεφόμενης ἑλικος, λειτουργοῦσης προφανῶς ὡς σφονδύλου, τὸ ἐπίπεδον αὐτῆς δὲν τίθεται ἀὐτοσφύτως καθέτως, ἢ ἔστω περίπου καθέτως, ὡς ἀνωτέρω ἐλέ-

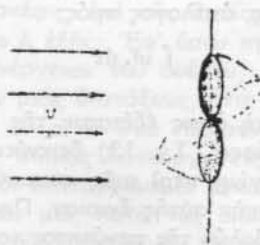
$$E = k \sum_{t, v_{min}}^{t, v_{max}} v^3 \cdot \Delta t$$

$$E = k \sum_{r=1}^{r=n} F_r \quad [\text{kWh}] \quad (15)$$

Μέ:

$$T = \sum_{t, v_{min}}^{t, v_{max}} \Delta t$$

ὡς τὸν ἀριθμὸν ὥρων ἐντὸς ἐνὸς ὠρισμένου χρονικοῦ διαστήματος, π.χ. ἐνὸς ἔτους, ἡ μέση ἰσχύς  $N_m$  τοῦ



Σχ. 10.

ἀνεμοκινητήρος, ἐντὸς τοῦ ὑπ' ὄψιν χρονικοῦ διαστήματος, ἐκφράζεται διὰ:

$$N_m = \frac{E}{T} = \frac{k}{T} \sum_1^T F \quad [\text{kW}] \quad (16)$$



χθη, πρὸς κάθε νέαν διεύθυνσιν πνοῆς τοῦ ἀνέμου, καθ' ὅσον τυγχάνει γνωστόν, ὅτι ἡ διεύθυνσις αὐτῆ μεταβάλλεται συνεχῶς. Τὸ ἀποτέλεσμα ἐκ τῆς συμπεριφορᾶς αὐτῆς τοῦ τροχοῦ τοῦ ἀνεμοκινητήρος εἶναι, ὅτι τὸ ἐπίπεδον αὐτοῦ ἀκολουθεῖ, μὲ συστηματικὴν καθυστέρησιν μόνον, τὰς μεταβολὰς εἰς τὴν διεύθυνσιν πνοῆς τοῦ ἀνέμου, πρᾶγμα ὅπερ σημαίνει ἐτέραν μείωσιν τῆς ὑπὸ τοῦ ἀνεμοκινητήρος παραγομένης ἐνεργείας.

4.—Ἡ περιστρεφόμενη ἕλιξ σχηματίζει καὶ στρόβον, τὸ χαρακτηριστικὸν τοῦ ὁποίου εἶναι ἡ σταθερὰ διατήρησις τοῦ ἄξονος περιστροφῆς αὐτοῦ ἐν τῷ χώρῳ. Τυγχάνει γνωστόν, ὅτι δι' ἐκάστην μεταβολὴν εἰς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἄξονος περιστροφῆς ἑνὸς στρόβου δεόν νὰ καταναλωθῇ ἔργον καὶ ὡς ἐκ τούτου ἐκάστη ἐκτροπὴ τοῦ ἐπίπεδου τῆς ἕλικος τοῦ ἀνεμοκινητήρος ἀπαιτεῖ ἐπίσης ἔργον, τὸ ὁποῖον ἀναποφεύκτως πρέπει νὰ παραχθῇ ὑπὸ τοῦ ἀνέμου. Τὸ γυροσκοπικῆς αἰτίας ἔργον τοῦτο πρέπει, προφανῶς, νὰ ἀφαιρεθῇ καὶ αὐτὸ ἀπὸ τὸ ἔργον πνοῆς τοῦ ἀνέμου, τὸ ἀνάλογον πρὸς τὴν τρίτην δυνάμιν τῆς ταχύτητος αὐτοῦ.

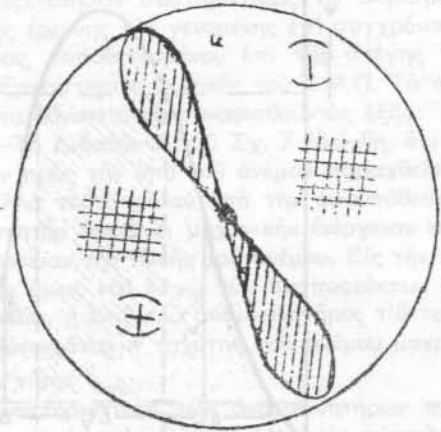
5.—Ἐτέραν αἰτίαν μείωσης τῆς ὑπὸ ἑνὸς ἀνεμοκινητήρος παραγομένης ἐνεργείας δυνάμεθα νὰ ἀναζητήσωμεν θεωροῦντες τὴν εἰς τὴν πραγματικότητά στροβιλώδη πνοὴν τοῦ ἀνέμου, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὴν νηματώδη τοιαύτην, τὴν ὁποίαν προϋποθέτει ἡ γενικὴ θεωρία τοῦ κεφαλαίου I. Πράγματι, συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν τῶν Ρευστῶν, γίνεται διάκρισις εἰς τὴν κατάστασιν ροῆς ἑνὸς ρευστοῦ ὅταν αἱ τροχιαὶ τῶν μορίων αὐτοῦ εἶναι παράλληλοι μεταξὺ των, σχηματίζουν δηλαδὴ τρόπον τινὰ παράλληλα νήματα. Ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὴν νηματώδη ταύτην κατάστασιν ροῆς, ἡ τυρβώδης ἢ στροβιλώδης τοιαύτη χαρακτηρίζεται διὰ τῆς ἐμφάνισεως στροβίλων, δηλαδὴ συνδυασμοῦ εὐθυγράμμου κινήσεως μετὰ ταυτοχρόνου κινήσεως περιστροφῆς τῶν διαφόρων μορίων τοῦ ρευστοῦ. Ἡ πνοὴ τοῦ ἀνέμου, ὡσάκις, τοῦλάχιστον, ἡ ταχύτης αὐτοῦ δὲν ὑπερβαίνει ὠρισμένα ὅρια, οὐδόλως δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς νηματώδους φύσεως, ἡ δὲ ὑπαρξίς ἀκριβῶς τῶν ἐν μετατοπίσει εὐρισκομένων στροβίλων δημιουργεῖ εἰς εὐρισκόμενον εἰς ἓν ὠρισμένον σημεῖον παρατηρητὴν τὴν ἐντύπωσιν, ὅτι ὁ ἄνεμος συνεχῶς μεταβάλλει οὐχὶ μόνον τὴν ἔντασιν ἀλλὰ ταυτοχρόνως καὶ τὴν διεύθυνσιν πνοῆς αὐτοῦ.

Ἐπὶ τὰς συνθήκας αὐτὰς ἐνδέχεται, ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ ἐπίπεδου  $F$  μιᾶς ἕλικος (Σχ. 11), ἰδίως ὅταν αὕτη εἶναι πολὺ μεγάλων διαστάσεων, νὰ ὑπάρχουν περιοχαί, ὅπου ἡ πίεσις τοῦ ἀνέμου νὰ εἶναι θετικὴ, δηλαδὴ ἀπὸ τὰ ἔμπροσθεν πρὸς τὰ ὀπισθεν, ἐνῶ εἰς ἕτερον τμήμα τῆς αὐτῆς ἐπιφανείας  $F$  ἡ πίεσις νὰ εἶναι σημαντικῶς μειωμένης ἐντάσεως θετικῆ, ἢ ἀκόμη καὶ ἐλαφρῶς ἀρνητικῆ. Τοῦτο δύναται νὰ συμβῇ ὅταν στροβίλος ἀνέμου, καταλλήλων διαστάσεων, διέλθῃ διὰ τοῦ ἐπίπεδου  $F$ .

Τὸ Σχ. 12 ἀπεικονίζει ἕλικα δεχομένην ἐπὶ τῆς μιᾶς πτέρυγος αὐτῆς τὴν πίεσιν τοῦ ἀνέμου πρὸς μίαν διεύθυνσιν, ἐνῶ τὸ ἕτερον πτερύγιον δέχεται πίεσιν ἀντιθέτου φορᾶς, προσερχομένην ἐκ τοῦ αὐτοῦ στροβίλου ἀνέμου.

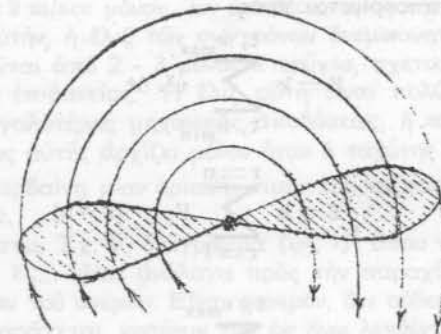
Ἡ κατάστασις αὕτη διαφέρει οὐσιωδῶς τῆς θεω-

ρητικῶς προβλεπομένης ὁμαλῆς καὶ ἰσοσταχοῦς νηματώδους πνοῆς τοῦ ἀνέμου. Ἐχει ὡς συνέπειαν τὴν δημιουργίαν κρούσεων ἀνέμου, διαφόρου ἐντάσεως, ἐν μέρει δὲ καὶ διευθύνσεως, ἐπὶ τῶν πτερυγίων τῆς ἕλικος καὶ ἀποτελεῖ τὴν αἰτίαν μηχανικῶν ταλαντώσεων, δυναμένων νὰ προκαλέσουν ἀκόμη καὶ τὴν θραύσιν τῆς ἕλικος τοῦ ἀνεμοκινητήρος, ἰδίως ὅταν αὕτη εἶναι πολὺ μεγάλης διαμέτρου καὶ ἐπέλθῃ



Σχ. 11.

συντονισμὸς εἰς τὸν ρυθμὸν τῶν κρούσεων μετὰ τῆς ἰδίας συχνότητος τῶν πτερυγίων τῆς ἕλικος.



Σχ. 12.

Ἐὰν τὸ φαινόμενον τῆς πνοῆς τοῦ ἀνέμου ἦτο ἐν συνεχῆς τοιοῦτον, ἐὰν δηλαδὴ ἦτο δυνατόν νὰ παραστήσωμεν τὴν ταχύτητα ὡς συνεχῆ καμπύλην, συναρτήσει τοῦ χρόνου, ἡ παραγομένη Αἰολικὴ Ἐνέργεια θὰ ἦτο, προφανῶς, ἀνάλογος πρὸς:

$$\int v^3 \cdot dt$$

ὡς ἤδη ἐξετέθη.

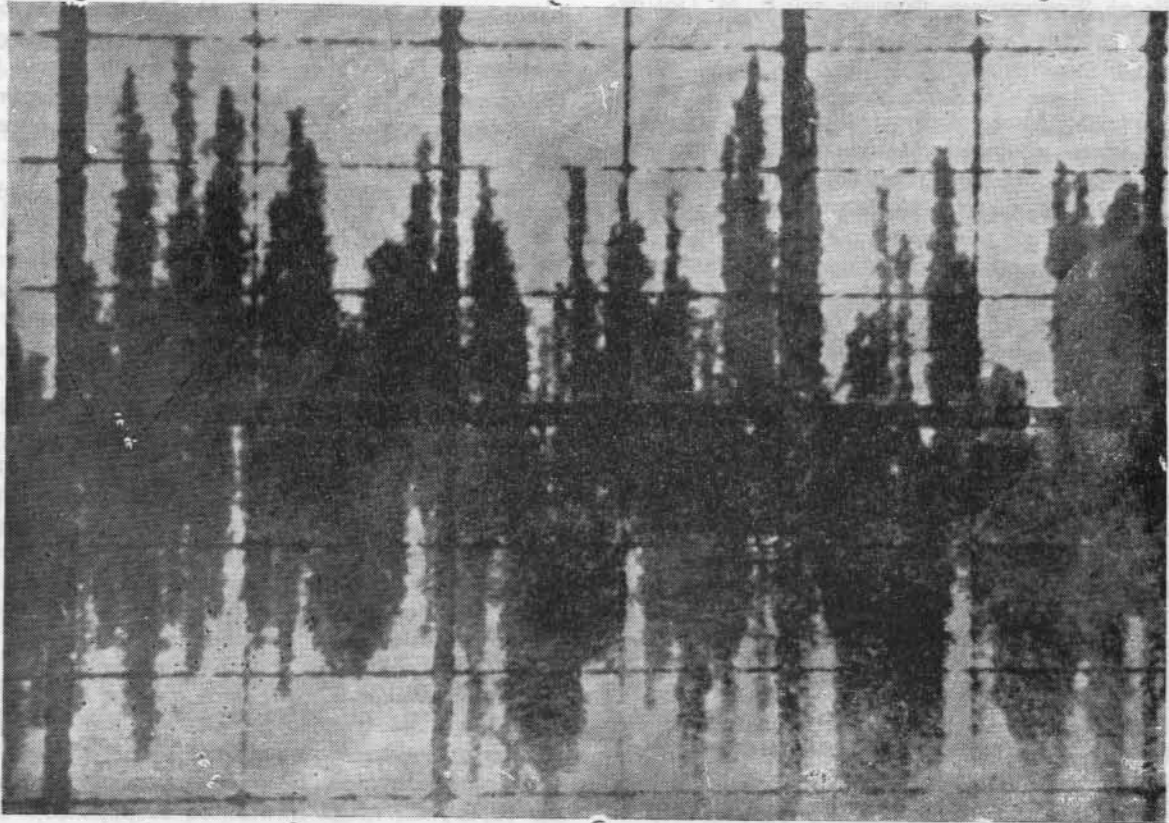
Ἡ προσεκτικὴ ὁμως ἐξέτασις τῆς ταινίας Αὐτομάτου Ἀνεμογράφου (Σχ. 13) δεικνύει, ὅτι οὔτε λόγος δύναται νὰ γίνῃ περὶ μιᾶς «καμπύλης» ὑπὸ τὴν συνήθη μαθηματικὴν αὐτῆς ἔννοιαν. Πράγματι, ἡ συχνότης τῶν μεταβολῶν τῆς ταχύτητος τοῦ ἀνέμου εἶναι τόσο μεγάλη, ἐν συγκρίσει μὲ τὴν σχετικῶς πολὺ βραδείαν μετακίνησιν τῆς ταινίας, ὥστε δυνάμεθα νὰ διακρίνωμεν σαφῶς ἐν ἀνώτερον καὶ ἐν κατώτερον περὶβλημα τῆς «καμπύλης» ταύτης.

Ὡς ἐκ τούτου, καὶ ἐξ αἰτίας τῆς τρίτης δυνάμεως

της ταχύτητος  $u$ , καθίσταται πρακτικῶς ἀδύνατος ὁ μαθηματικὸς ὑπολογισμὸς τῆς διαθεσίμου Αἰολικῆς Ἐνεργείας. Ἐχρειάζετο, δηλαδή, διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ὑπὸ ἑνὸς ἀνεμοκινητήρου παραγομένης ἐνεργείας ἢ ἐπιτόσης μιᾶς μεθόδου, διὰ τῆς ὁποίας ἡ ὑπὸ τοῦ ἀνέμου παραγομένη ἐνέργεια νὰ ἐμετρεῖτο ἀπ' εὐθείας ὡς ἐνεργεία, ἄνευ οὐδενὸς πλέον συσχετισμοῦ μετὰ τῆς ταχύτητος. Ἡ προτεινομένη νέα μέθοδος ἐφηρμόσθη διὰ πρώτην φοράν κατὰ τὴν

πόδειγμα τοῦ ἀνεμοκινητήρου μὲ μίαν γεννήτριαν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος σταθερᾶς τάσεως, τοὺς δὲ ἀκροδέκτας αὐτῆς μὲ κατάλληλον φορτίον (π. χ. ἠλεκτρικὸν συσσωρευτήν), ἡ ἔντασις τοῦ παραγομένου ρεύματος θὰ εἶναι ἀνάλογος μὲ τὴν ἰσχύν τῆς Αἰολικῆς Ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν τοιουτοτρόπως προσδιορίζομεν ἀπ' εὐθείας καὶ ἄνευ συσχετισμοῦ αὐτῆς πρὸς τὰς ἐκάστοτε ταχύτητας τοῦ ἀνέμου.

Τὸ πλεονέκτημα τῆς αὐτομάτου ταύτης μεθόδου



Εἰκ. 13.

Ἡ Εἰκ. 13 παρουσιάζει μίαν ἰ φωτογραφικὴν μεγέθυνσιν μικροῦ σχετικῶς τμήματος μιᾶς ταινίας αὐτομάτου Ἀνεμογράφου, τοῦ ἐν τούτῳ Ἀστεροσκοπεῖοις ἐν χρήσει τύπου. Ὁ ὀριζόντιος ἄξων παριστᾷ τὸν χρόνον (ἐκάστη κατακόρυφος ὑποδιαίρεσις ἀντιστοιχεῖ πρὸς 1½ τῆς ὥρας), ἐνῶ ὁ κατακόρυφος τοιοῦτος παριστᾷ τὴν ταχύτητα τοῦ ἀνέμου (ἡ παχέια ὀριζόντιος γραμμὴ εἰς τὸ μέσον τῆς φωτογραφίας ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὴν ταχύτητα 10 m/sec, αἱ δὲ πρὸς ταύτην παράλληλοι λεπταὶ γραμμαὶ ἔνθεν καὶ ἔνθεν αὐτῆς καθορίζουν τιμὰς ἀνέμου ἀνὰ 1 m/sec ἐπὶ πλέον ἢ ἐπὶ ἕλαττον ἐκάστη).

διάρκειαν τοῦ ἔτους 1948 εἰς τὸ Ἐργαστήριον Φυσικῆς τοῦ Ε. Μ. Πολυτεχνείου.

Ἡ βασικὴ σκέψις, ἐπὶ τῆς ὁποίας ἐστηρίζετο ἡ νέα μέθοδος, ἦτο ἡ ἐξῆς: Ἐφ' ὅσον πρόκειται νὰ μετρήσωμεν τὴν ἐνέργειαν τοῦ ἀνέμου, ὀρθὸν εἶναι νὰ κάμνωμεν χρῆσιν μιᾶς διατάξεως, ἥτις μετρεῖ τὴν ὑπ' ὄψιν ἐνεργείαν ὑπὸ τὰς συνθήκας ἀκριβῶς ἐκεῖνας, ὑπὸ τὰς ὁποίας λειτουργεῖ εἰς ἀνεμοκινητήρ. Τὸν σκοπὸν αὐτὸν ἐπιτυγχάνομεν ἐγκαθιστώντες ἀνεμοκινητήρα μικρὸν μὲν, κατὰ τὰς διαστάσεις αὐτοῦ, ὁμοιον ὁμως εἰς τὴν κατασκευὴν μὲ τοὺς συγχρόνους μεγάλους ἀνεμοκινητήρας.

Ἡ ἔλιξις ἐνὸς ἀνεμογράφου περιστρέφεται ἑλευθέρως ἐπὶ τοῦ ἄξονος αὐτοῦ καὶ ὡς ἐκ τούτου ἡ ταχύτης περιστροφῆς τῆς ἔλικος εἶναι ἀνάλογος μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ ἀνέμου. Ἐὰν ὁμως συνδέσωμεν τὸ μικρὸν ὑ-

εἶναι ἐμφανές, ὅταν ἐξετάσωμεν τὸ διάγραμμα ταχυτήτων ἀνέμου (Εἰκ. 13) ἐνὸς αὐτομάτου ἀνεμογράφου μὲ τὰ χαρακτηριστικὰ περιβλήματα αὐτοῦ, καθιστώντα πρακτικῶς ἀδύνατον πάσαν προσπάθειαν ὑπολογισμοῦ τῆς Αἰολικῆς Ἐνεργείας βάσει ἐνὸς διαγράμματος τοῦ εἴδους τούτου.

Ἡ περιγραφείσα διάταξις τοῦ Ε. Μ. Πολυτεχνείου ἐλειτούργησεν ὀλιγώτερον τοῦ ἐνὸς ἔτους, ἐν τούτοις ἐπέτρεψε τὴν διὰ πρώτην φοράν γενομένην διαπίστωσιν, ὅτι:

«Ἡ εἰς τὴν πραγματικότητα παραγομένη Αἰολικὴ Ἐνέργεια δὲν εἶναι αὐστηρῶς ἀνάλογος πρὸς τὴν Τρίτην Δύναμιν τῆς ταχύτητος τοῦ ἀνέμου, ἀλλὰ σημαντικῶς μικροτέρα ταύτης».

Ἐπειδὴ ἡ ἐλάττωσις τῆς παραγομένης Αἰολικῆς Ἐνεργείας ὀφείλεται κυρίως εἰς τὸ μέρος ἐκεῖνο τῆς

ἐνεργείας, τὸ ὁποῖον δαπανᾶται διὰ τὴν δημιουργίαν στροβιλῶν, δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν, ὅτι ἡ ἐλάττωσις αὐτῆ συσχετίζεται στενῶς μὲ τὴν ἐκάστοτε ταχύτητα τοῦ ἀνέμου. Ἐκ δὲ τοῦ συσχετισμοῦ τούτου συνάγεται ἐπίσης, ὅτι ἡ ὠφέλιμος Αἰολικὴ Ἐνέργεια δύνανται νὰ ἐκφρασθῇ δι' ἑνὸς γενικοῦ τύπου, τῆς μορφῆς:

$$E = k \int v^6 \cdot dt \quad (17)$$

ὅπου ὁ ἐκθέτης  $G$  ἔχει τιμὴν ὅπωςδῆποτε μικροτέραν τοῦ 3.

Εἰς τὸ Ἔργαστήριον Φυσικῆς τοῦ Ε. Μ. Πολυτεχνείου ὁ ἐκθέτης  $G$  προσδιωρίσθη εἰς :

$$G \approx 2,2$$

Δυστυχῶς, ὁμως, τὸ ἀποτέλεσμα τοῦτο ἐξήχθη ἐξ ὀλίγων μόνον μετρήσεων, ἐλαχίστης διαρκείας ἐκάστης, καὶ ὡς ἐκ τούτου ἡ εὔρεθεῖσα τιμὴ τοῦ συντελεστοῦ  $G=2,2$  δὲν δύνανται νὰ θεωρηθῇ παρὰ μόνον ὡς μία κατὰ προσέγγισιν τοιαύτη.

Αὐτονόητον τυγχάνει, ὅτι ἡ τιμὴ τοῦ  $G$  συσχετίζεται στενῶς μὲ τὸν ἐκάστοτε τύπον ἀνεμοκινητήρος, μέσφ τοῦ ὁποῖου ἐξήχθη αὕτη. Ὡς ἐκ τούτου, ἡ ὑπ' ὄψιν μέθοδος ἐπιτρέπει τὴν συλλογὴν συγκριτικῶν στοιχείων διαφόρων Σταθμῶν μετρήσεων, ὑπὸ τὸν ὄρον, ὅτι ἅπαντες οἱ ἀνεμοκινητήρες μετρήσεως θὰ εἶναι τοῦ αὐτοῦ τύπου καὶ τῶν αὐτῶν διαστάσεων.

Ἔτερον πλεονέκτημα τῆς ὑπ' ὄψιν μεθόδου ἔγκειται εἰς τὸ ἐξῆς περιστατικόν, μεγίστης πρακτικῆς σπουδαιότητος: ὡς ἤδη λεπτομερῶς ἐξετέθη, ἅπαντες οἱ ἀνεμοκινητήρες παράγουν ἰσχὺν εἰς αὐξάνουσαν ποσότητα, συναρτήσῃ τῆς ταχύτητος τοῦ ἀνέμου, τοῦτο ὁμως μέχρι μίας ὠρισμένης «ὀριακῆς» τιμῆς τῆς ταχύτητος αὐτοῦ, πέραν τῆς ὁποίας ἡ ἰσχὺς παραμένει σταθερά, ὅσονδῆποτε καὶ ἂν αὐξηθῇ ἡ ταχύτης τοῦ ἀνέμου.

Ἐπειδὴ τὸ μικρὸν ὑπόδειγμα ἀνεμοκινητήρος, τὸ ὁποῖον ἐχρησιμοποιήθη εἰς τὰς μετρήσεις εἰς τὸ Ἔργαστήριον Φυσικῆς τοῦ Ε. Μ. Πολυτεχνείου, εἶναι τοῦ αὐτοῦ τύπου ἀκριβῶς ὅπως καὶ οἱ σύγχρονοι ἀνεμοκινητήρες μεγάλης ἰσχύος καὶ ἐπειδὴ τοῦτο εἶναι ἐπίσης ἐφωδιασμένον μὲ τὴν αὐτὴν διάταξιν αὐτομάτου ἐκτροπῆς τοῦ ἐπιπέδου τῆς ἔλικος, ἔπεται ὅτι τὰ ὑπὸ τῆς διατάξεώς μας ἐξαχθέντα ἀποτελέσματα προσεγγίζουν ὅπωςδῆποτε καλύτερον πρὸς τὴν πραγματικότητα, καθ' ὅσον ἡ ἔλιξ τῆς δοκιμαστικῆς μας διατάξεως λειτουργεῖ ἀκριβῶς ὑπὸ τὴν αὐτὴν ἐκάστοτε κλίσιν πρὸς τὸν ἄνεμον, ὅπως καὶ ἡ ἔλιξ ἑνὸς μεγάλου ἀνεμοκινητήρος.

Ἔτερον πλεονέκτημα τῆς διατάξεως τοῦ Ἔργαστηρίου Φυσικῆς τοῦ Ε. Μ. Πολυτεχνείου ἔγκειται εἰς τὸ ἐξῆς καθαρῶς δυναμικῆς φύσεως φαινόμενον:

Ὡς ἐμφαίνεται ἐκ τοῦ διαγράμματος ταχυτήτων ἑνὸς αὐτομάτου ἀνεμογράφου, ἡ πνοὴ ἀνέμου χαρακτηρίζεται διὰ τῆς ἐμφανίσεως κρούσεων αὐτοῦ, βραχυτάτης, ἐνίοτε, χρονικῆς διαρκείας, κατὰ τὴν διάρκειαν ὁμων τῶν ὁποίων ἡ ταχύτης τοῦ ἀνέμου ὑπερβαίνει συχνάκις σημαντικῶς τὴν ὀριακὴν ταχύτητα τοῦ ἀνεμοκινητήρος. Ἐπειδὴ ἡ χρονικὴ διάρκεια ἐκάστης τῶν ἰσχυρῶν τούτων κρούσεων ἀνέμου εἶναι σχετικῶς μικρά, ἡ αὐτόματος διάταξις ἐκτροπῆς τῆς ἔλικος δὲν δύνανται νὰ λειτουργήσῃ αὐτοστιγμεί, καὶ ὡς ἐκ τού-

του ἡ ἔλιξ δέχεται ὀλόκληρον τὴν ἐνέργειαν τῆς κρούσεως ταύτης ὑπὸ γωνίαν, ἥτις οὐδόλως ἀνταποκρίνεται πρὸς τὴν στιγμιαίαν ταχύτητα τοῦ ἀνέμου.

Ἀποτέλεσμα τῆς καταστάσεως ταύτης εἶναι, ὅτι ἡ σχετικῶς μεγάλη ἐνέργεια τῆς κρούσεως συσσωρεύεται ὑπὸ μορφήν κινητικῆς ἐνεργείας, τῆς ἔλικος λειτουργούσης πλέον ὡς σφονδύλου.

Ἡ ὀλοκλήρωσις τῆς προσθέτου Αἰολικῆς Ἐνεργείας τῆς παραγομένης ὑπὸ τῶν μεμονωμένων κρούσεων ἀνέμου γίνεται αὐτομάτως εἰς τὴν διάταξιν τοῦ Ἔργαστηρίου Φυσικῆς τοῦ Ε. Μ. Πολυτεχνείου, ὅπως ἐπίσης καὶ εἰς τοὺς ἀνεμοκινητήρας μεγάλης ἰσχύος. Ἀντιθέτως, ἐν δλέμμα ἐπὶ τοῦ διαγράμματος, Εἰκ. 13, δεικνύει ἀμέσως τὸ μάταιον οἰασθῆποτε μαθηματικῆς ἐπεξεργασίας τοῦ ὑπ' ὄψιν προσθέτου φαινομένου.

### 3. ΟΙ ΚΥΡΙΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΕΙΣ ΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΙΝ ΤΩΝ ΑΝΕΜΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Ἡ ὑπόθεσις τῆς ἐκμεταλλεύσεως τῆς ἐνεργείας τοῦ πνέοντος ἀνέμου ἀπησχόλησε τὸν ἄνθρωπον ἀπὸ τῶν ἀρχαιοτάτων χρόνων. Σήμερον σώζονται εἰς τὸ Ἰράν τὰ ἐρείπια ἑνὸς πελωρίου οἰκοδομήματος, διατρήτου ὑπὸ πολλῶν δεκάδων ὀπῶν, διὰ μέσου τῶν ὁποίων εἰσῆρχετο ὁ ἄνεμος καὶ ἐκίνηε μηχανήματα, περὶ τῆς φύσεως τῶν ὁποίων ὁμως οὐδεμίαν ἔνδειξιν ὑπάρχει. Αἱ ἐπιβλητικαὶ διαστάσεις τῆς ἀθήκτου σχεδὸν ἀκόμη προσόψεως τοῦ ἐν λόγω οἰκοδομήματος μαρτυροῦν οὐχὶ μόνον περὶ τῆς σημασίας, ἡ ὁποία ἀπεδίδετο κατὰ τὴν ἀρχαίαν ἐκείνην ἐποχὴν εἰς τὴν ἐκμετάλλευσιν τῆς ἐνεργείας τοῦ ἀνέμου, ἀλλὰ καὶ ἄγουν εἰς τὸ συμπέρασμα, ὅτι αἱ ἐν χρήσει τότε μηχανικαὶ διατάξεις μετατροπῆς τῆς κινητικῆς ἐνεργείας τοῦ ἀνέμου εἰς κινητήριον δύναναι ἦσαν τελείως πρωτοτύπου μορφῆς καὶ δὲν ἐβασίζοντο, πιθανῶς, ἐπὶ τῆς ἀρχῆς τοῦ ἔκτοτε γνωστοῦ ἀνεμομόλου.

Εἰς τὴν ἀρχαίαν Ἑλλάδα συναντῶμεν, διὰ πρῶτην φοράν, τὸν κοινὸν τύπον τοῦ ἀνεμομόλου, ὅπως διετηρήθη οὗτος, περίπου ἄνευ οὐσιωδῶν τελειοποιήσεων, μέχρι τοῦ τέλους τοῦ παρελθόντος αἰῶνος. Τὸ κλασσικὸν πλέον ἔργον τῆς ἀποξηράνσεως χιλιάδων ὀλοκλήρων τετραγωνικῶν χιλιομέτρων τοῦ Zuydersee τῆς Ὀλλανδίας ἐπετεύχθη πράγματι δι' ἐκκενώσεως τοῦ θαλασσοῦ ὕδατος δι' ἀντλιῶν κινουμένων ὑπὸ ἀνεμομόλων, τοῦ τύπου ἀκριβῶς ἐκείνου, ὅστις διὰ πρῶτην φοράν ἐχρησιμοποιήθη κατὰ τὴν ἀρχαιότητα ὑπὸ τῶν προγόνων μας.

Ἐκτοτε ἡ ἀρχαία κατασκευὴ τοῦ ἀνεμομόλου ἐτελειοποιήθη καὶ ἀντικατεστάθη ὑπὸ τῶν ἀνεμοκινητήρων, διὰ τῆς χρησιμοποίησεως τῶν ὁποίων ἐβελτιώθη σημαντικῶς ἡ μηχανικὴ ἀπόδοσις τῶν ἐγκαταστάσεων. Μία πρώτη τελειοποίησις ἐγένετο ὑπὸ τοῦ Ἀμερικανοῦ Halladay, ὅστις ἀντικατέστησε τὰ πτερύγια τοῦ κοινῶ ἀνεμομόλου διὰ τροχοῦ, ὅστις ἔφερε πολλαπλὰ πτερύγια. Τοῦτο εἶναι τὸ σύστημα, τὸ ὁποῖον συναντῶμεν ἀκόμη ἐν Ἑλλάδι, προοριζόμενον, κυρίως, διὰ τὴν ἀντλησιν ὕδατος ἐκ φρεάτων.

Τὸ σύστημα τοῦτο θεωρεῖται σήμερον ὡς ἀπρηχαιώμενον, ὁ δὲ τροχὸς τοῦ Halladay ἀντικατεστάθη, πρὸ δεκαπενταετίας περίπου, ὑπὸ ἔλικος τοῦ σχήματος

της ἑλικος ἐνὸς ἀεροπλάνου, ἀλλ' ἀσυγκρίτως μεγαλύτερων διαστάσεων.

Ὑπὸ τὴν νέαν ταύτην μορφήν του, ὁ ἀνεμοκινητὴρ ἐπεκράτησε μέχρι καὶ τῶν τελευταίων ἡμερῶν, εὖρε δὲ εὐρυτάτην πρακτικὴν ἐφαρμογήν, κυρίως εἰς τὴν Ρωσίαν, ὅπου ἐχρησιμοποιήθη οὐχὶ μόνον δι' ἀρδευτικὰ καὶ ἀποξηραντικὰ ἔργα ἀλλ' ἀκόμη καὶ ὡς βοηθητικὴ ἐγκατάστασις παραγωγῆς τριφασικοῦ ρεύματος πρὸς ἐνίσχυσιν τῶν τοπικῶν θερμικῶν σταθμῶν παραγωγῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας. Τοιοῦτοτρόπως ἡ Σοβιετικὴ Ἐνωσις κατεῖχε, πρὸ ὀλίγων μόνον ἀκόμη ἐτῶν, τὰς δύο ἰσχυρότερας ἐγκαταστάσεις τοῦ κόσμου, ἰσχύος 100 kW ἐκάστην.

Ἐκτοτε, εἰς τὴν Ἀμερικὴν κατεσκευάσθη ἀνεμοκινητὴρ ἰσχύος 1000 kW, δηλαδὴ δεκάκις ἰσχυρότερος τοῦ ρωσικοῦ πρωτοτύπου, ὅστις ὁμως κατεστράφη κατόπιν λειτουργίας ἐνὸς μόνου ἔτους.

Ἡ ἑλιξ τοῦ ἀνεμοκινητῆρος τούτου εἶχε διάμετρον 53 m, ἐθραύσθη ὁμως ἡ σύνδεσις τῆς μιάς ἐκ τῶν δύο πτερυγῶν, ὅπου ἡ ἔνωσις αὐτῆς μετὸν ἄξονα τοῦ ἀνεμοκινητῆρος, μετ' ἀμεσον ἀποτέλεσμα τὴν θραύσιν καὶ τῆς ἐτέρας πτέρυγος τῆς ἑλικος.

Ἡ πρώτη δημοσίευσις, ἡ σχετικὴ μετὴν ὑπόθεσιν τῆς ἐν Ἑλλάδι ἐκμεταλλεύσεως τῆς Αἰολικῆς Ἐνεργείας, φαίνεται ὅτι εἶναι τὸ σχετικὸν ἄρθρον τοῦ ὑποφαινομένου, εἰς τὴν ἑφημερίδα «Le Progrès» τῆς 18ης Ὀκτωβρίου 1919. Εἰς τὸ ἄρθρον τοῦτο ἐκτίθεται ἡ δυνατότης τῆς παραγωγῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας ὑπὸ ἤδη τότε συγχρόνων ἀνεμοκινητῆρων, τύπου Herkules, διὰ τὰς ἀνάγκας ἰδίως τῶν ἀγροτῶν.

Κατὰ τὸ ἐπόμενον ἔτος, καὶ ἐν συνεργασίᾳ μετὸν διακεκριμένον μηχανικὸν κ. Μ. Α. Διαμαντόπουλον, ὁ ὑποφαινομένος ἐμελέτησε τὴν δυνατότητα τῆς μετατροπῆς θαλασσίου ὕδατος εἰς πόσιμον τοιοῦτον.

Ἡ μελέτη προέβλεπε σειρὰν ὀλόκληρον ἀνεμοκινητῆρων, διαμέτρου ἑλικος 30 m. Τὸ ὑπ' αὐτῶν παραγόμενον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα θὰ ἐχρησιμοποιεῖτο διὰ τὴν μετατροπὴν τοῦ ἐν ἀφθονίᾳ ὑπάρχοντος θαλασσίου ὕδατος εἰς ἀπεσταγμένον τοιοῦτον. Ἡ μελέτη προσέκρουσε τότε εἰς τὴν πρακτικὴν δυσχέριαν τῆς μετέπειτα μετατροπῆς τοῦ ἀπεσταγμένου ὕδατος εἰς πόσιμον τοιοῦτον. Σήμερον τοιαύτη δυσχέρεια δὲν θὰ ὑπῆρχε πλέον.

Δεκαετηρίδας ὀλοκλήρους θραδύτερον, συγκεκριμένως δὲ περὶ τὰ τέλη τῆς γερμανικῆς κατοχῆς, ἐγένετο ὑπὸ τοῦ γράφοντος μία πρώτη προσπάθεια κάπως συστηματικῆς πλέον ἐρεύνης τοῦ ζητήματος, εἰς τὴν Διεύθυνσιν Ὑδραυλικῶν Ἔργων τοῦ Ὑπουργείου Γεωργίας.

Ὁ ὑπολογισμὸς τῆς διαθέσιμου Αἰολικῆς Ἐνεργείας ἐγένετο τότε ἀναγκαστικῶς βάσει τῶν σχετικῶν διαγραμμάτων ταχυτήτων τοῦ ἀνέμου, τὰ ἀριθμητικὰ ἔμως ἀποτελέσματα ἐπηρεάσθησαν μοιραίως ἀπὸ τὴν πολύπλοκον μορφήν τῶν ὑπ' ὄψιν διαγραμμάτων.

Κατὰ τὸ ἔτος 1947 ὁ τότε Ὀργανισμὸς Ἀνασυγκροτήσεως ἀνέθεσεν εἰς τὸν ὑποφαινομένον τὴν σύνταξιν μιάς νέας μελέτης, βάσει τῆς ὁποίας θὰ ἠδύνατο νὰ ὀργανωθῇ ἐν Ἑλλάδι μία συστηματικὴ ἐρευνα σχε-

τικῶς μετὴν εἰς τὴν χώραν μας διαθέσιμον Αἰολικὴν Ἐνέργειαν.

Εἰς τὸ σχετικὸν ὑπόμνημα, τὸ ὑποβληθὲν τὴν 1ην Ὀκτωβρίου 1947, ὁ γράφων, κατόπιν βαθυτέρας μελέτης τοῦ ζητήματος τῆς Αἰολικῆς Ἐνεργείας γενικῶς, κατέληξεν εἰς τὰ ἑξῆς συμπεράσματα:

1.—Ἡ τιμὴ ἐκάστου παραγομένου kWh ἐπὶ τοῦ ἄξονος ἐνὸς συγχρόνου ἀνεμοκινητῆρος, δανικῆς κατασκευῆς, ἔχοντος ἑλικὰ διαμέτρου 18 μέτρων, θὰ ἀνήρχετο εἰς δραχμὰς 25,60, ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν τῆς τότε ἰσχύουσας τιμῆς τῆς χαρτίνης ἀγγλικῆς λίρας τῶν 20.000 δραχμῶν. Σημειωτέον, ὅτι ὁ ὑπολογισμὸς οὗτος ἀφεώρα ἕνα ἀνεμοκινητῆρα ἰσχύος 30 kW, δυνάμενον νὰ παράγῃ ἐτησίως περὶ τὰ 150.000 kWh. Ὡς ἤδη ἀνεφέρθη, ἡ τιμὴ τοῦ παραγομένου kWh ἐλαττοῦται σημαντικῶς, ὅταν γίνεται χρῆσις ἀνεμοκινητῆρος μικροτέρας ἰσχύος. Τὸ γεγονός τοῦτο τυγχάνει ἰδιαιτέρας σημασίας εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ Ἑλληνος ἀγρότου, τοῦ ὁποίου αἰ εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν ἀνάγκαι θὰ καλύπτονται πιθανῶς μετ' ἀνεμοκινητῆρα ἰσχύος οὐχὶ μεγαλύτερας τῶν 10 kW.

2.—Ὑπὸ τὰς συνθήκας αὐτὰς καὶ λόγω τῆς ἀπὸ ἀτόψεως Αἰολικῆς Ἐνεργείας ἐξαιρετικῶς εὐμενοῦς διαμορφώσεως τοῦ ἐδάφους τῆς χώρας, ἔπεται προφανῶς, ὅτι ἡ Αἰολικὴ Ἐνέργεια δύναται νὰ χαρακτηρισθῇ ὡς π η γ ἠ ἔ θ ν ι κ ο ὕ π λ ο ὕ τ ο υ, ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν, φυσικὰ, ὅτι ἡ χρῆσις αὐτῆς θέλει γίνεαι εἰς τὰς περιπτώσεις μόνον ἐκείνας, ὅπου αὕτη ἐνδείκνυται τεχνικῶς, δηλαδὴ, πρωτίστως, εἰς ἐφαρμογὰς τῆς Γεωργικῆς Ὑδραυλικῆς.

3.—Ἀποδειχθεῖσης τῆς ἀκαταλληλότητος τοῦ ὑπολογισμοῦ τῆς Αἰολικῆς Ἐνεργείας ἐπὶ τῇ βάσει διαγραμμάτων ταχυτήτων ἀνέμου, προϋτάθη τότε νέα μέθοδος ἀπ' εὐθείας μετρήσεως αὐτῆς, ἀνεῦ προσφυγῆς εἰς τὰ ἐν λόγω διαγράμματα.

Τὸ χαρακτηριστικὸν τῆς ἐνεργείας τοῦ ἀνέμου εἶναι, ὅτι αὕτη συνολικῶς μὲν ἐμφανίζεται σχεδὸν ὡς ἀπείρως μεγάλη, ἐν τούτοις ὁμως εὐρίσκεται ὑπὸ τὴν μεγάλην «ἀραιώσιν», ὥστε νὰ τυγχάνῃ τεχνικῶς ἀδύνατος ἡ ἐκμετάλλευσις ἀξιολόγου μέρους αὐτῆς.

Λόγω τοῦ μικροῦ εἰδικοῦ βάρους τοῦ ἐν κινήσει εὐρισκομένου ἀέρος, ἡ ἀνὰ μονάδα ὄγκου αὐτοῦ διαθέσιμος μηχανικὴ ἐνέργεια εἶναι μικρὴ καὶ ὡς ἐκ τούτου ἀπαιτεῖ ἐγκαταστάσεις πολὺ μεγάλων διαστάσεων διὰ τὴν δέσμευσιν ἀξιολόγου ἰσχύος.

Ἐπειδὴ κατ' ἀρχὴν ἡ ταχύτης πνοῆς τοῦ ἀνέμου εἶναι συνάρτησις τοῦ ὕψους ἄνω τοῦ ἐδάφους, τὸ λογικὸν συμπέρασμα θὰ ἦτο, ἐκ πρώτης ὄψεως, ἡ ἐγκατάστασις ἀνεμοκινητῆρων μεγάλων διαστάσεων ἐπὶ πύργων πολὺ μεγάλου ὕψους. Τὴν λύσιν αὐτὴν ἐπρότειναν οἱ Γερμανοὶ Honnelf, Bendmann, Scheller, Kleinhenz, ὀλίγον πρὸ τοῦ τελευταίου Παγκοσμίου Πολέμου, ἐν τῇ ἐπιθυμίᾳ νὰ ἀντιμετωπίσουν μίαν ἐνδεχομένην κρίσιν εἰς τὴν ἀνθρακοπαραγωγὴν τῆς Γερμανίας. Ἐπρότειναν δηλαδὴ τὴν κατασκευὴν τροχῶν διαμέτρου τῆς τάξεως τῶν 200 - 300 μέτρων καὶ ἐπὶ τῆς κορυφῆς πύργων ὕψους 250 - 600 μέτρων.

Ἡ γνωστοποίησις τῶν σχεδίων τούτων, εἰς τὴν Γερμανίαν, προεκάλεσε κύμα ἀγανακτήσεως εἰς τοὺς κύκλους τῶν Γερμανῶν Μηχανικῶν καὶ τὴν δημοσίευ-

σιν πραγματειών, διὰ τῶν ὁποίων ἀπεδεικνύετο, ὅτι ἐπρόκειτο περὶ οὐτοπιστικῶν σχεδίων ἀνθρώπων στερουμένων γνώσεων τῆς Μηχανολογίας.

Μετὰ τὸ πέρασ τοῦ τελευταίου Παγκοσμίου Πολέμου ὁ ἐξηλεκτρισμὸς τῆς Ἀγγλίας εὐρίσκετο εἰς πολὺ στενὸν ὄριον θέσιν, λόγῳ τῆς ἐθνικοποιήσεως τῶν ἀνθρακωρυχείων καὶ ἐκ τῆς εἰς αὐτὴν ἀποδιομένης ραγδαίας πτώσεως τῆς παραγωγῆς τοῦ ἀνθρακος. Πρὸς ἀντιμέτωπισιν τῆς καταστάσεως αὐτῆς οἱ Ἀγγλοὶ ἐσκέφθησαν νὰ χρησιμοποιήσουν τὴν ἐνέργειαν τοῦ πνέοντος ἀνέμου διὰ τὴν παραγωγὴν ἡλεκτρισμοῦ μέσῳ μεγάλων ἀνεμοκινητῶν ἰσχύος τῆς τάξεως τῶν 5000 kW ἐκάστου. Ἡ λύσις αὕτη τοῦ ἐξηλεκτρισμοῦ τῆς Ἀγγλίας μέσῳ τῆς ἐνέργειας τοῦ πνέοντος ἀνέμου ἐγνώσθη τότε διὰ τοῦ ἡμερησίου τύπου καὶ συνεκλήθη, τῷ 1950, τὸ γνωστὸν Συνέδριον Αἰολικῆς Ἐνεργείας ἐν Λονδίῳ, ὅπου ὁ ἐπὶ κεφαλῆς τῆς Ἀγγλικῆς ἀντιπροσωπείας E. W. Golding παρουσίασε τὰ σχέδια τοῦ ὑπ' αὐτοῦ ἐπινοηθέντος ἀνεμοκινητήροῦ ἰσχύος 4000 kW.

Κατὰ τὴν ἐποχὴν ἐκείνην ἦτο ἤδη γνωστὴ ἡ καταστροφὴ τοῦ ἀνεμοκινητήροῦ τῶν 1000 kW τῶν Ἀμερικανῶν. Παρὰ τὴν λυσσώδη ἀντίδρασιν τῆς Ἀγγλικῆς ἀντιπροσωπείας, τὸ σχέδιον Golding οὐδεμίαν ἔτυχεν ἐπιδοκιμασίας καὶ τελικῶς ἠγνοήθη ὡς οὐτοπιστικόν.

Ἡ ὀρθὴ τοποθέτησις τοῦ τεχνικοῦ μέρους τῆς κατασκευῆς ἀνεμοκινητῶν ὑπὸ τὰς πραγματικὰς συνθήκας πνοῆς τοῦ ἀνέμου ἐγένετο εἰς τὸ Συνέδριον τοῦ Λονδίνου τῷ 1950. Διευτυπῶθι ἐκεῖ διὰ πρώτην φορὰν δημοσίᾳ ὁ ἰσχυρισμὸς, ὅτι ἡ ἀντοχὴ τῶν γνωστῶν μετάλλων καὶ κραμάτων αὐτῶν δὲν ἐπιτρέπει κατασκευὰς τροχῶν τῶν ἀνεμοκινητῶν πολὺ μεγάλων διαστάσεων. Ἐπὶ πλέον, λόγοι καθαρῶς οἰκονομικοὶ δὲν ἐπιτρέπουν τὴν κατασκευὴν πολὺ ὑψηλῶν πύργων στηρίξεως τῶν ἀνεμοκινητῶν.

Βάσει τῶν ὡς ἄνω συλλογισμῶν, ὀρθὸν εἶναι νὰ θεωρηθῆ, ὅτι, λόγῳ τῆς ἐξαιρετικῆς τῆς «ἀραιώσεως», ἡ Αἰολικὴ Ἐνέργεια δύναται τόσον καλύτερον νὰ γίνῃ ἐκμεταλλεύσιμος, ὅσον, ἐντὸς ὠρισμένων ὁρίων, μικρότερας ἰσχύος θὰ εἶναι οἱ πρὸς ἐγκατάστασιν ἀνεμοκινητήρες. Συγκεκριμένως, μονάδες ἰσχύος 2 kW μέχρι 5 kW παρουσιάζονται σήμερον ὡς οἱ οἰκονομικότεροι τύποι ἀνεμοκινητῶν. Μονάδες ἰσχύος μεταξύ 10 kW μέχρι 50 kW κατασκευάζονται μόνον κατόπιν ἐιδικῆς παραγγελίας καὶ τὸ ὑπ' αὐτῶν παραγόμενον ὠριαῖον kilowatt στοιχίζει ἀσυγκρίτως περισσότερον ἀπὸ τὴν αὐτὴν μονάδα ἔργου τῆς προγενεστέρας κατηγορίας. Ἀνεμοκινητήρες τῶν 100 kW λειτουργοῦν ἐν Ρωσίᾳ εἰς μεγάλον ἀριθμὸν, ἀλλὰ ἡ τιμὴ τοῦ παραγομένου kWh εἶναι ἀγνωστος καὶ ἄλλωστε οὐδένα ἐνδιαφέρει, καθ' ὅσον αἱ ἐγκαταστάσεις αὐταὶ παραχωροῦνται δωρεὰν ὑπὸ τῆς Κυβερνήσεως εἰς τὰ διάφορα «Κολχόξ» διὰ τὰς ἀγροτικὰς ἀνάγκας αὐτῶν. Ἐν Εὐρώπῃ λειτουργοῦν ἐλάχιστοι δοκιμαστικοὶ ἀνεμοκινητήρες τῶν 100 kW καὶ εἰς τῶν 200 kW, ἡ κατασκευὴ καὶ ἡ συντήρησις τῶν ὁποίων ὑπερέβη ὅμως κατὰ τὸ πολλαπλάσιον τὸν ἤδη μεγάλον προϋπολογισμὸν αὐτῶν. Ὡς ἐκ τούτου δὲν δύναται νὰ γίνεταί λόγος περὶ χαμηλῆς τιμῆς τοῦ ὑπὸ τῶν ἰσχυρῶν ἐγκαταστάσεων αὐτῶν παραγομένου kWh, ἡ δὲ ἰδέα τοῦ ἐξηλεκτρισμοῦ μιᾶς

χώρας μὲ πηγὴν ἐνεργείας τὴν πνοὴν τοῦ ἀνέμου πρέπει, πρὸς τὸ παρόν, νὰ θεωρηθῆ ὅτι ἀποτελεῖ οὐτοπιστικὸν σχέδιον ἀνθρώπων τελειῶς ξένων πρὸς τὴν Τεχνικὴν.

#### 4. ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΕΙΣ ΤΑ ΥΠΟ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ ΤΕΘΕΝΤΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΟΣΟΝ ΑΦΟΡΑ ΤΗΝ ΕΝ ΕΛΛΑΔΙ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΙΝ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τὸ Τεχνικὸν Ἐπιμελητήριον τῆς Ἑλλάδος, διὰ τοῦ ὑπ' ἀριθ. 13644/7.12.59 ἐγγράφου του, ἔθεσε τὰ ἑξῆς ἐρωτήματα:

1.—Ἐκ τῶν διαφόρων συστημάτων καὶ μηχανημάτων ἐφαρμογῆς Αἰολικῆς καὶ Ἡλιακῆς Ἐνεργείας, ποῖα δέον νὰ ἐπιλεγθῶν διὰ τὴν Ἑλλάδα καὶ διατί;

2.—Ποῖου μεγέθους μονάδες δύνανται καὶ πρέπει νὰ χρησιμοποιηθῶν εἰς τὴν Ἑλλάδα καὶ διατί;

3.—Ποῖα κατὰ προσέγγισιν αἱ τιμαὶ αὐτῶν κατα μονάδα συσκευῆς;

4.—Εἰς ποῖας περιοχὰς τῆς Χώρας δέον νὰ ἐφαρμοσθῶν;

5.—Διὰ τὰς ἡμέρας πού δὲν θὰ εἶναι δυνατὴ ἡ χρησιμοποίησις αὐτῶν, μὲ τί ἄλλο θὰ ἀντικατασταθῶν, ἢ δὲν χρειάζεται ἀντικατάστασις;

6.—Ποῖον θὰ εἶναι τὸ κόστος τῆς μονάδος ἐνεργείας κατὰ προσέγγισιν κατὰ περίπτωσιν συσκευῆς;

7.—Δύνανται αἱ ὡς ἄνω μονάδες νὰ κατασκευασθῶν ἐν Ἑλλάδι ἢ ὄχι καὶ ὑπὸ ποῖας προϋποθέσεως;

8.—Ἐπὶ πόσας ἡμέρας κατ' ἔτος καὶ κατὰ μέσον ὄρον, βάσει τῶν ἐπιστημῶν μετεωρολογικῶν δεδομένων, προβλέπεται ὅτι θὰ εἶναι δυνατὴ ἡ λειτουργία τῶν συσκευῶν ἠλιακῆς καὶ αἰολικῆς ἐνεργείας;

9.—Ποῖα ἡ ὑπολογιζομένη ὠφέλεια τῆς Ἐθνικῆς Οἰκονομίας ἐκ τῆς χρησιμοποίησεως, ὡς ἀνωτέρω, τῶν δύο ὑπ' ὄψιν πηγῶν ἐνεργείας;

Εἰς τὴν παρούσαν Μελέτην, ὑποβληθεῖσαν κατὰ τὸν Φεβρουάριον 1960, αἱ ἀπαντήσεις ἀφοροῦν τὴν χρησιμοποίησιν καὶ ἐφαρμογὴν τῆς Αἰολικῆς Ἐνεργείας μόνον.

1) Ἐκ τῶν διαφόρων συστημάτων καὶ μηχανημάτων ἐφαρμογῆς Αἰολικῆς Ἐνεργείας ποῖα δέον νὰ ἐπιλεγθῶν διὰ τὴν Ἑλλάδα καὶ διατί;

Ἡ κατάσταση, ὅσον ἀφορᾷ τὸ ζήτημα τῶν διαφορῶν συστημάτων ἀνεμοκινητῶν, παρουσιάζεται σήμερον ὡς ἑξῆς:

α) Δι' ἐγκαταστάσεις πολὺ μικρᾶς ἰσχύος, δηλαδὴ τῆς τάξεως μέχρι 0,5 kW, πρέπει νὰ διακρίνωμεν τοὺς ἀνεμοκινητήρας οἱ ὅποιοι προορισμὸν ἔχουν τὴν ἀντλησιν ὕδατος ἀπὸ φρέαρ ἢ δεξαμενὴν πρὸς ἄρδυσιν μικροῦ κτήματος ἢ ὕδρευσιν μιᾶς οἰκίας, καὶ ἐκεῖνους οἵτινες προορίζονται διὰ τὴν φόρτισιν ἡλεκτρικῶν συσσωρευτῶν πρὸς ἐξηλεκτρισμὸν μιᾶς οἰκίας κειμένης μακρὰν τοῦ δημοσίου δικτύου διανομῆς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Οἱ ἀνεμοκινητήρες αὐτοί, ἰσχύος μέχρι περὶ 0,5 kW, ἦσαν ἀκριβῶς ἐκεῖνοι οἵτινες πρὸ 25ε-

τίας περίπου είλκυσαν την γενικήν προσοχήν επί του ζητήματος του είδους τούτου τής υπό τής φύσεως δωρεάν παρεχομένης ενέργειας. Οί ανεμοκινητήρες ούτοι κατασκευάζοντο εις πολύ μεγάλας σειράς, ιδίως έν 'Αμερικῇ, μέ κύριον σκοπόν τήν έξαγωγήν αὐτῶν εις τὸ 'Εξωτερικόν, ιδίως εις ὑπανεπτυγμένας χώρας καί περιοχάς, στερουμένας ἐνὸς δικτύου διανομῆς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ χαρακτηριστικόν τῶν ὑπ' ὄψιν συσκευῶν ἦτο ἡ πολὺ χαμηλὴ αὐτῶν τιμῆ, ἀφ' ἐνὸς λόγῳ τῆς κατασκευῆς των εις μεγάλας τυποποιημένας σειράς, ἀφ' ἑτέρου ὁμως καί λόγω τῆς κακῆς ποιότητος τῶν χρησιμοποιηθέντων ὑλικῶν.

'Αποτέλεσμα τῆς ὡς ἄνω καταστάσεως ἦτο, ἀφ' ἐνὸς μὲν ἡ σχετικῶς μεγάλη διάδοσις τῶν ανεμοκινητήρων τῆς κατηγορίας αὐτῆς, ἀφ' ἑτέρου δὲ ἡ γενικὴ διαπίστωσις, ὅτι οὔτοι κατεστρέφοντο ταχέως, ὡς ἐκτιθέμενοι εις τὰς δυσμενεστάτας μεταβολὰς τῶν καιρικῶν συνθηκῶν.

Πράγματι, δὲν δύναται νὰ ἀμφισβητηθῆ, ἀπὸ καθαρῶς τεχνικῆς ἀπόψεως, ὅτι μία ἐγκατάστασις Αἰολικῆς 'Ενεργείας εἶναι μία Μηχανή, ἡ ὁποία ὁμως λειτουργεῖ ὑπὸ τὰς δυσμενεστέραις δυνατάς συνθήκας, ὡς ἐκτεθειμένη νυχθημερὸν εις τὰς μεταβολὰς τῆς θερμοκρασίας, εις βροχὴν, εις χιόνας, εις τὸν ἥλιον καί τὴν ὑγρασίαν, καί ὅτι, κατὰ συνέπειαν, ἐὰν ἐλαμβάνοντο δεόντως ὑπ' ὄψιν ὅλοι οἱ ἐν λόγω παράγοντες, ἡ κατασκευὴ τοῦ ανεμοκινητήρος θὰ ἐστοίχιζεν ἀσυγκρίτως περισσότερον τῆς τότε τιμῆς πωλήσεως αὐτῶν.

'Ὡς ἐκ τούτου, κατ' ἀρχὴν δεόν νὰ ἀποκλεισθοῦν ανεμοκινητήρες, ὧν τὰ κύρια ὄργανα, ὡς π. χ. ἡ ἔλιξ, εἶναι κατασκευασμένα ἐκ γαλβανισμένων σιδηρῶν ἐλασμάτων.

'Αποτέλεσμα αὐτῆς τῆς καταστάσεως ἦτο ἡ βαθμιαία ἐξαφάνισις ἐκ τῆς ἀγορᾶς τῶν πλείστων ἐκ τῶν γνωστῶν ανεμοκινητήρων τῆς ὡς ἄνω κατηγορίας, ὡς π. χ. Wincharger, Windpower, Jacobs, κλπ. 'Εν τούτοις σήμερον ἤρχισεν ἡ κατασκευὴ ανεμοκινητήρων τῆς ὑπ' ὄψιν κατηγορίας ἀνατακρονομένων πρὸς τὰς δυσμενεῖς συνθήκας τοῦ περιβάλλοντος. Αὐτονόητον τυγχάνει ἡ τιμὴ τῶν ανεμοκινητήρων αὐτῶν νὰ εἶναι σχετικῶς ὑψηλὴ, ἀκριβῶς λόγω τῆς ἀρτίας ποιοτικῶς κατασκευῆς αὐτῶν.

β) Δι' ἐγκαταστάσεις μέσης ἰσχύος, ἤτοι 1 - 25 kW, δύναται νὰ διαπιστωθῆ, ὅτι δὲν κατασκευάζονται πλέον οἱ ανεμοκινητήρες τύπου Halladay, Stertz, Schiffke καὶ Herkules. Οἱ τροχοὶ τῶν ὡς ἄνω τύπων ἀπετελοῦντο ἀπὸ μεγάλον ἀριθμὸν πτερυγίων, καί ὡς ἐκ τούτου ἡ ταχύτης περιστροφῆς των ἦτο σχετικῶς μικρά.

Οἱ τύποι οὔτοι εἶχον ὁμως τὸ πλεονέκτημα ὅτι ἐτίθεντο, ἤδη, εις λειτουργίαν ὅταν ἡ ταχύτης τοῦ ἀνέμου ἔφθανε τὰ 2,5 - 3 m/sec.

Σήμερον, οἱ τροχοὶ Halladay ἔχουν τελείως ἐκτοπισθῆ καὶ οἱ τροχοὶ τῶν συγχρόνων ανεμοκινητήρων ὑπολογίζονται βάσει τῶν αὐτῶν ἀρχῶν, αἱ ὁποῖαι διέπουν τὴν κατασκευὴν τῶν ἐλικῶν τῶν ἀεροσκαφῶν.

Τὸ χαρακτηριστικόν τῶν ἐλικῶν τῶν συγχρόνων ανεμοκινητήρων εἶναι, ὅτι αὐταὶ ἀποτελοῦνται πλέον ἐκ δύο ἕως τριῶν, τὸ πολὺ, λεπτῶν πτερυγίων.

Αἱ σύγχρονοι αὐταὶ ἑλικες εἶναι πολὺστροφοὶ, παράγουν δὲ σχετικῶς μεγαλύτεραν ἐνέργειαν, ἐν συγκρίσει μὲ τοὺς βραδυστρόφους τροχοὺς τύπου Halladay, ἐμφανίζουν ὁμως τὸ μειονέκτημα, ὅτι τίθενται αὐταὶ δυσκολώτερον εις περιστροφικὴν κίνησιν, ἀπαιτοῦσαι πρὸς τοῦτο ταχύτητα ἀνέμου τοῦλάχιστον 4 - 5 m/sec.

γ) Δι' ἐγκαταστάσεις μεγάλης ἰσχύος, ἤτοι 30 - 100 kW, μόνον οἱ Ρῶσοι, ἤδη πρὸ 25ετίας, κατέληξαν εις τὴν βιομηχανικὴν παραγωγήν δύο τύπων ανεμοκινητήρων, βάσει τῶν αὐτῶν πάντοτε ἀρχῶν, ὡς εις τὰς κατασκευὰς τῆς προηγουμένης κατηγορίας.

Κατὰ τὰς τελευταίας πληροφορίας, εις τὴν Νότιον Ρωσίαν λειτουργεῖ σήμερον μέγας ἀριθμὸς ανεμοκινητήρων ἰσχύος μέχρι 50 kW. 'Επίσης ἐν Δανίᾳ λειτουργοῦν, ὑπὸ βιομηχανικὴν κλίμακα, πρὸς παραγωγήν ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας, πλεῖστοι ανεμοκινητήρες, ἰσχύος 30 - 50 kW, εὐρίσκεται δὲ ὑπὸ δοκιμὴν καὶ εις ανεμοκινητῆρ ἰσχύος 200 kW, ὁ ἰσχυρότερος σήμερον ανεμοκινητῆρ τοῦ κόσμου.

Πλὴν τῆς Ρωσίας καὶ Δανίας, εις τὴν 'Αγγλίαν, Γαλλίαν καὶ Γερμανίαν ἔχουν κατασκευασθῆ δοκιμαστικοὶ ανεμοκινητήρες ἰσχύος μέχρι 100 kW.

Αἱ κατασκευαὶ αὐταὶ ἐστοίχισαν εις τὴν πραγματικότητα κατὰ πολλαπλάσιον τῆς ἀρχικῶς προβλεφθείσης δαπάνης, καὶ δὲν δύναται σήμερον ἀκόμη νὰ λεχθῆ ὅτι ἐπέτυχον πλήρως τοῦ σκοποῦ των, καθ' ὅσον μετατρέπονται συνεχῶς πρὸς θελτίωσιν τῆς ἀποδόσεώς των.

Τὸ γενικὸν συμπέρασμα, ὅσον ἀφορᾷ τὴν κατηγορίαν αὐτὴν τῶν ανεμοκινητήρων, ἰσχύος 30 - 100 kW, εἶναι ὅτι πρόκειται εἰσέτι περὶ δοκιμαστικοῦ σταδίου ἐρεύνης, ὅτι τὸ ὑπ' αὐτῶν παραγόμενον kWh εἶναι ἀκόμη ἀσύμφορον ἀπὸ οικονομικῆς ἀπόψεως καὶ ὅτι δὲν καθιερώθη ἀκόμη ἐν ὀρισμένον σύστημα κατασκευῆς.

δ) 'Ανεμοκινητήρες ἰσχύος μεγαλύτερας τῶν 100 kW: Μία ἀπόπειρα τῶν 'Αμερικανῶν, κατασκευῆς ανεμοκινητήρος τῶν 1000 kW, ἀπέτυχεν οἰκτρῶς, ὑπὸ συνθήκας ἤδη ἐκτεθειμένας ἐν προγενεστέρῳ κεφαλαίῳ τῆς παρουσίας Μελέτης.

'Υπὸ τὴν κρατοῦσαν σήμερον κατάστασιν, οὐδὲ ὅμως ἐνδείκνυται ἡ κατασκευὴ ανεμοκινητήρων ἰσχύος μεγαλύτερας τῶν 50 kW, ἐφ' ὅσον δὲν πρόκειται περὶ διεξαγωγῆς καθαρῶς ἐπιστημονικῆς ἐρευνητικῆς ἐργασίας.

'Εν περιπτώσει ἀνάγκης ἐγκαταστάσεως σχετικῶς μεγάλης ἰσχύος ανεμοκινητήρων, τοῦτο πρέπει νὰ ἐπιτευχθῆ διὰ τῆς ἐν παραλλήλῳ ἐγκαταστάσεως ἀντιστοίχου ἀριθμοῦ ανεμοκινητήρων μικροτέρας ἰσχύος.

'Εν συμπεράσματι, διὰ τὰς κλιματικὰς συνθήκας τῆς 'Ελλάδος πρέπει, ἀπαραιτήτως, ἡ ἐπιλογή τῶν ἐφαρμοζομένων συστημάτων νὰ γίνῃ βάσει τῶν ἐξῆς ἀρχῶν:

1) 'Ελιξ συγχρόνου συστήματος, ἀποτελουμένη ἐκ δύο ἢ, τὸ πολὺ, τριῶν στενῶν πτερυγίων, ἀποκλειομένων τῶν συστημάτων τῶν τύπων Halladay, Herkules, κ.λ.π.

2) 'Υλικὸν κατασκευῆς ἑλικος: κράμα ἐλαφρῶν μετάλλων ἢ κατάλληλος πλαστικὴ ὕλη, ἀποκλειομένων τῶν πτερυγίων ἐκ γαλβανισμένων σιδηροελασμάτων.

3) Σύστημα δυνάμενον να λειτουργή άπολύτως αυτόματως, άκόμη και έν καιρῶ θυέλλης, άνευ ειδικής παρακολουθήσεως.

4) 'Η αυτόματος λίπανσις τών άνεμοκινητήρων πρέπει να είναι έξησφαλισμένη δια διάρκειαν τούλάχιστον, ένός έτους.

5) Πύργος στηρίξεως άνεμοκινητήρος κατá κανόνα ούχι μεγαλύτερου ύψους τών 20 μέτρων, έπειδή πέραν τού ύψους αύτου ή διαπάνη αύξάνει δυσαναλόγως πρὸς τήν ώφέλειαν έκ τής μεγαλύτερας μηχανικής απόδόσεως τού άνεμοκινητήρος.

## 2) Ποίου μεγέθους μονάδες δύνανται και πρέπει να χρησιμοποιηθοῦν εις τήν 'Ελλάδα και διατί;

Δια τήν έν 'Ελλάδι χρησιμοποίησιν τής Αιολικής 'Ενεργείας προτείνονται οί κάτωθι τύποι άνεμοκινητήρων:

1) 'Ανεμοκινητήρ άπ' εύθείας συνδεδεμένος με άντλίαν ύδατος δια ποτιστικούς και άρδευτικούς σκοπούς, υπό μικράν κλίμακα.

'Ο τύπος οὔτος τού άνεμοκινητήρος διακρίνεται δια τήν απλότητά του και άποτελεί όπωσδήποτε τήν οικονομικωτέραν λύσιν δια τήν άντλησιν ύδατος πρὸς ύδρευσιν ζώων και άρδευσιν μικρών έκτάσεων.

'Η έλιξ εύρίσκεται όπισθεν τού κατακορύφου άξονος περιστροφής και ώς έκ τούτου τίθεται αυτόματως καθέτως πρὸς τήν διεύθυνσιν τού άνέμου.

'Η έγκατάστασις δέν άπαιτεί ειδικήν επίβλεψιν παρὰ μόνον λίπανσιν άπαξ τού έτους.

'Η απόδοσις τής άντλίας είναι 0,2 m<sup>3</sup> ώριαίως, με ύπομετρικήν διαφοράν 5 m, υπό ταχύτητα άνέμου 6 m/sec.

'Η έλιξ άποτελείται έξ έξ στενών πτερυγίων και δύνανται να χαρακτηρισθῆ ώς άπολύτως σύγχρονος και κατάλληλος δια τόν άνωτέρω σκοπόν κατασκευή.

2) 'Ανεμοκινητήρ άπ' εύθείας συνδεδεμένος με γεννήτριαν ήλεκτρικού συνεχούς ρεύματος, ισχύος 0,5 kW.

'Η έλιξ είναι κατεσκευασμένη από κράμα έλαφρού μετάλλου, όλόκληρος ή κατασκευή είναι αυτόματος, ή δε λίπανσις τής ήλεκτρικής γεννητριάς είναι έξησφαλισμένη δια περίοδον 3 - 5 έτών.

'Η διάμετρος τής έλικος είναι 2,5 m και άποτελείται από δύο μόνον λεπτά πτερύγια.

'Η ισχύς 0,5 kW έπιτυγχάνεται με ταχύτητα άνέμου 6,7 m/sec.

'Η έγκατάστασις αύτη προορίζεται δια τήν φόρτισιν συστοιχίας ήλεκτρικών συσσωρευτών πρὸς ήλεκτροφωτισμόν οικίας. Πρόκειται περι έξαιρετικώς οικονομικής κατασκευής. 'Ο άνεμοκινητήρ οὔτος κατασκευάζεται από γνωστὸν μηχανουργεῖον τής 'Ελβετίας και ανταποκρίνεται πλήρως πρὸς τās έν 'Ελλάδι ύφισταμένας κλιματικὰς συνθήκας λειτουργίας.

'Αριθμὸς στροφῶν 250 - 650 ανά λεπτόν.

3) 'Ανεμοκινητήρ ισχύος 1 - 2 kW. Διάμετρος έλικος 3,8 m, αριθμὸς στροφῶν 100 - 200 ανά λεπτόν. 'Ο άνεμοκινητήρ οὔτος παράγει ισχὸν 1 kW με ταχύτητα άνέμου 7,2 m/sec, και 2 kW με ταχύτητα άνέ-

μου 9,1 m/sec. 'Ο τύπος οὔτος προορίζεται δια τόν έξηλεκτρισμόν οικιών, κυρίως εις τās νήσους.

Πρόκειται περι πλήρως αυτόματου διατάξεως έλβετικής κατασκευής, δοκιμασθείσης υπό τās δυσμενεστάτας συνθήκας τών έλβετικῶν 'Αλπεων.

4) 'Ανεμοκινητήρ ισχύος 2 - 5 kW. 'Αποτελεῖ οὔτος ισχυροτέραν κατασκευήν τού αύτου έλβετικού οίκου. Διάμετρος έλικος 5,0 m, αριθμὸς στροφῶν 90 - 180 ανά λεπτόν. Παράγει 2 kW με ταχύτητα άνέμου 7,5 m/sec και 4,7 kW με ταχύτητα άνέμου 10 m/sec.

5) 'Ανεμοκινητήρ ισχύος 7 kW με ταχύτητα άνέμου 9 m/sec. Διάμετρος τής έλικος 8 m. Αύτη άποτελείται έκ τριῶν πτερυγίων έκ πλαστικής ύλης. Δηλαδή άπολύτως κατάλληλος δια τās κλιματικὰς συνθήκας τής 'Ελλάδος.

6) 'Ανεμοκινητήρ 15 - 20 kW, αναλόγως τής ταχύτητος τού άνέμου. 'Η έλιξ άποτελείται και αύτη έκ τριῶν πτερυγίων έκ πλαστικής ύλης και έχει διάμετρον 13 m.

Οί τελευταίοι δύο τύποι άνεμοκινητήρων είναι γαλλικής κατασκευής και έχουν δοκιμασθῆ έπιτυχῶς υπό τās δυσχερεῖς συνθήκας πολικῶν και τροπικῶν περιοχῶν.

## 3) Ποῖαι κατá προσέγγισιν αἱ τιμαὶ αὐτῶν κατá μονάδα συσκευῆς;

1) 'Ανεμοκινητήρ άπ' εύθείας συνδεδεμένος με άντλίαν ύδατος δια ποτιστικούς και άρδευτικούς σκοπούς υπό μικράν κλίμακα. 'Η κάτωθι τιμὴ συμπεριλαμβάνει τόν άνεμοκινητήρα μετὰ τού στηρίγματός του, ύψους 3 μέτρων, μετὰ καταλλήλου άντλίας, και σωληνώσεις διαμέτρου 3/4". Τιμὴ παραδοτέα έν Γερμανίᾳ περίπου 450 DM, ήτοι 3.150 δραχμαί.

'Η άντλία αύτη είναι κατάλληλος δια τήν άντλησιν μέχρι 0,3 m<sup>3</sup> ώριαίως, με άνεμον ταχύτητος 7 m/sec. 'Η απόδοσις αύτη υπό τās συνθήκας πνοῆς τού άνέμου έν 'Ελλάδι είναι έπαρκής δια τήν πότισιν 20 - 40 μεγάλων ζώων.

'Η έγκατάστασις είναι αυτόματος, οὐδεμίαν άπαιτεί επίβλεψιν και ανταποκρίνεται πλήρως πρὸς τούς ήδη διατυπωθέντας όρους.

2) 'Ανεμοκινητήρ άπ' εύθείας συνδεδεμένος με γεννήτριαν ήλεκτρικού συνεχούς ρεύματος, ισχύος 0,5 kW.

Εἰς τόν τύπον αύτὸν αἱ προσφοραὶ κυμαίνονται μεταξὺ τών έξῆς ποσῶν:

	A	B
'Ελβετικὴ κατασκευὴ		Γερμανικὴ κατασκευὴ
'Ανεμοκινητήρ συνδεδεμένος μετὰ ήλεκτρικής γεννητριάς 0,5 kW	11.000 δρ.	32.200 δρ.
Στήριγμα ύψους 12 μέτρων	9.000 »	4.700 »
	20.000 δρ.	36.900 δρ.

3) 'Ανεμοκινητήρ έλβετικής κατασκευής, ισχύος

2 kW μετά ηλεκτρικής γεννητριάς 36 V. Αυτόματws ρυθμιζομένη έλιξ τριών πτερυγίων. Δραγμαί 35.000, συμπεριλαμβανομένης τής αυτόμάτου διατάξεως και ενός πύργου στηρίξεως ύψους 5,5 μέτρων.

4) Άνεμοκινητήρ έλβετικής κατασκευής, ισχύος 5 kW, μετά ηλεκτρικής γεννητριάς 65 V. Αυτόματος έλιξ τριών πτερυγίων, διαμέτρου 5 μέτρων. Δραγμαί 47.000, συμπεριλαμβανομένης τής αυτόμάτου διατάξεως και πύργου στηρίξεως ύψους 6 μέτρων.

5) Δύο άνεμοκινητήρες έλβετικής κατασκευής, ισχύος 5 kW έκαστος, ήτοι συνολικώς 10 kW, μετά ηλεκτρικής γεννητριάς 120 V. Δραγμαί 93.000, συμπεριλαμβανομένων των αυτόμάτων διατάξεων και δύο πύργων στηρίξεως ύψους 8,5 μέτρων έκαστου.

**4) Είς ποίας περιοχάς τής Χώρας δέον νά εφαρμοσθούν;**

Λόγω τής γεωγραφικής τής θέσεως, ή Ελλάς, ιδίως δέ αί νήσοι τής, είναι έκτεθειμένη είς ισχυρά ρεύματα ανέμων. Δύναται νά λεχθῆ, ότι, έν αντίθεσει μέ εκείνο τό όποιον συμβαίνει είς τήν Κεντρώαν Γερμανίαν, όπου ύφίστανται έκτεταμέναί περιοχαί μέ μειωμένην δράσιν ανέμου, είς τήν περίπτωσιν τής Ελλάδος ούδόλως δύναται νά διαπιστωθούν περιοχαί τής κατηγορίας αύτής.

Διά τόν ύπολογισμόν τής διαθεσίμου Αιολικής Ένεργείας, πρέπει άπαραιτήτως νά ληφθῆ ύπ' όψιν ή ιδιαίτερα φύσις αύτής, ως ένεργείας ήτις έμφανίζεται ύπό άκρως μεγάλην άραίωσιν. Πρόκειται, συγκεκριμένως, περί μιάς άκρως αντίθετου περιπτώσεως έν συγκρίσει μέ μίαν συγγενή, κατά τά άλλα, φυσικήν πηγήν ένεργείας, δηλαδή τήν ένεργειαν των ύδατοπτώσεων. Είς τήν περίπτωσιν των ύδατοπτώσεων κυρίαρχος άρχή είναι, ως γνωστόν, ότι επίβάλλεται ή συγκέντρωσις όλοκλήρου του διαθεσίμου ύδατος και ή έκμετάλλευσις τής δυνατικής ένεργείας αυτού, εί δυνατόν, είς μίαν και μόνην ύδατόπτωσιν. Τό αποτέλεσμα είναι ή έπίτευξις μιάς σεβαστής ισχύος πρòς κάλυψιν βιομηχανικών και άλλων αναγκών τής Χώρας.

Είς τήν περίπτωσιν τής Αιολικής Ένεργείας, τό είδικόν βάρος τής κινουμένης μάξης άέρος είναι μόνον τό 1/800 του ύδατος, έξ ου και ή βασική διαφορά είς τόν τρόπον τής πρακτικής έκμεταλλεύσεως τής ένεργείας τής πνοής του ανέμου.

Χωρίς νά έπεται αναγκαστικώς, ότι τό μέγεθος των έγκαταστάσεων έκμεταλλεύσεως τής Αιολικής Ένεργείας θά έδει νά είναι, και τουτο, είς αναλογίαν 800 : 1, διά τήν έπίτευξιν τής αύτής ισχύος, είς τήν περίπτωσιν τής πνοής του ανέμου έμφανίζεται έν περιστατικόν, τό όποιον δέν έχει τό αντίστοιχόν του είς τήν τεχνικήν τής έκμεταλλεύσεως των ύδατοπτώσεων.

Πράγματι, τό χαρακτηριστικόν τής πνοής του ανέμου είναι, ότι ή ταχύτης αυτού δέν είναι όμοιόμορφος κατά τήν έντασιν και διεύθυνσιν πνοής αυτού. Αύτη άναποκρίνεται άπολύτως πρòς τυρβώδη ή στροβιλώδη κατάστασιν ροής ένòς ρευστου και ούχι πρòς νηματώδη τιαύτην.

Έάν ή πνοή του ανέμου ήτο νηματώδους φύσεως,

έν δηλαδή όλόκληρος ή μάξα άέρος μετετοπίζετο μέ τήν αύτην σταθεράν ταχύτητα, θά ήδύνατο νά αντιμετωπισθῆ ίσως ή σκέψις τής έκμεταλλεύσεως μιάς άξιολόγου διατομής αύτής.

Αύτη άλλως τε ήτο και ή βασική ιδέα των διαφόρων κατασκευαστών σχεδίων γιγαντιαίων άνεμοκινητήρων μέ έλικας διαμέτρου 200 και πλέον μέτρων. Οί προτείνοντες τά σχέδια αυτά ούδόλως είχον ύπ' όψει, ότι ή πνοή του ανέμου είναι έν στροβιλώδες φυσικόν φαινόμενον. Ός έκ τουτου τυγχάνουν άπαραδέκτοι ύπολογισμοί βασιζόμενοι επί μιάς «μέσης τιμής ταχύτητος ανέμου», έντòς όλοκλήρου τής ώφελίμου διατομής τής έλικας (F, είς Σχ. 1).

Η παρατήρησις αύτη δέν άφορᾷ μόνον τόν τρόπον του ύπολογισμού τής διαθεσίμου ισχύος βάσει μιάς ύποτιθεμένης μέσης ταχύτητος πνοής ανέμου έντòς του ύπό τής έλικας περιγραφομένου κύκλου. Άφορᾷ αύτη, ιδίως, τήν άνοχην τής έλικας είς κρούσεις ανέμου έμφανιζομένας είς διάφορα σημεία αύτής, άκριβώς λόγω τής τυρβώδους φύσεως τής πνοής του ανέμου, όπου μάλιστα ούδόλως δύναται νά άποκλεισθῆ άκόμη και ή ρυθμική έμφάνισις κρούσεων αντίθετου φοράς (βλ. Σχ. 11 και 12), μέ πιθανόν άποτέλεσμα τήν θραύσιν τής έλικας έν περιπτώσει έμφανίσεως μηχανικών συντονιστικών φαινομένων.

Αί ως άνω άεροδυναμικαί συνθήκαι άπαγορεύουν σήμεραν τήν κατασκευήν έλικων μεγάλης διαμέτρου, δι' ών θά ήτο δυνατή ή δέσμευσις ένεργείας πνοής του ανέμου ισχύος άρκετών χιλιάδων kW.

Άλλ' άκόμη και έάν περιορίσωμεν τήν ισχύν ένòς άνεμοκινητήρος είς 100 μόνον kW, ή έλιξ αυτού δέν δύναται νά έχη διάμετρον πολύ μικροτέραν 30 μέτρων.

Δοκιμαστικοί άνεμοκινητήρες των διαστάσεων αυτών έχουν ήδη κατασκευασθῆ, τό κόστος όμως του ύπ' αυτών παραγομένου kWh είναι έξ ίσου άπαγορευτικόν, ως είναι σήμεραν και τό αντίστοιχον kWh ένòς Πυρηνικού Άντιδραστήρος.

Τυγχάνει φανερόν, ότι λόγω των ιδιαιτουσών άεροδυναμικών συνθηκών, ως έχουν άνωτέρω έκτεθῆ, ή κατασκευαστική άνοχη μιάς έλικας δύναται νά έπιτευχθῆ τόσον καλύτερον, όσον μικροτέρα έκλεγῆ ή διάμετρος αύτής.

Είναί όμως έξ ίσου φανερόν, ότι σүн τῆ μειώσει τής διαμέτρου τής έλικας μειούται ραγδαίως και ή ισχύς τής ύπ' αύτῆς παρεχομένης ένεργείας.

Τουτο καθίσταται τοσοούτον μάλλον φανερόν, καθ' όσον ή ένεργòς επιφάνεια F τής έλικας είναι άνάλογος πρòς τό τετράγωνον τής διαμέτρου D αύτῆς, ή δέ παραγομένη ισχύς είναι, κατά προσέγγισιν, περίπου άνάλογος πρòς τήν τρίτην δύναμιν τής ταχύτητος του ανέμου. Τό περιστατικόν τουτο συνηγορεί έντόνως ύπέρ μιάς, όσον τό δυνατόν, μεγάλης διαμέτρου D τής έλικας.

Είς τήν Ρωσίαν, όπου τό κόστος του άνεμοκινητήρος δέν τίθεται ύπό συζήτησιν, καθ' όσον ούτοι κατασκευάζονται ύπό του Κράτους και παραχωρούνται δωρεάν είς τούς καταναλωτάς, κατασκευάζονται άπό 20ετίας ήδη έλικες άνεμοκινητήρων διαμέτρου μέχρι 30 μέτρων.

Είς τήν Ελλάδα όμως τό πρόβλημα τίθεται, έκ



πρώτης όψεως τουλάχιστον, ταλείως διαφορετικά. Κριτήριο δια την απόφασιν περι σκοπιμότητας ή μη εγκαταστάσεως ένδς άνεμοκινητήρος άποτελεί άναμφιβόλως τó κόστος του ύπ' αυτού παραχθησομένου kWh. Υπό αυτás τás συνθήκας, ή έκλογή άναγκαστικώς περιορίζεται εις άνεμοκινητήρας με έλικας μάλλον μετριών διαστάσεων, και τούτο έπειδι ή ισχύς των πολυ μικρών άνεμοκινητήρων είναι τόσο άσήμαντος, ώστε ούδóλως να δικαιολογήται ή εγκατάστασις αυτών.

Ούτως έχόντων τών πραγμάτων, ή ισχύς των έν Ελλάδι καταλλήλων προς εγκατάστασιν άνεμοκινητήρων θα περιορίζεται, άναγκαστικώς, κατ' άνωτατον όριον εις 10 kW, με πιθανήν οικονομικώτεραν έτι λύσιν, τόν άνεμοκινητήρα των 5 kW.

Άλλά δια την λειτουργίαν ένδς άνεμοκινητήρος τόσο μικράς ισχύος ύπάρχει άναμφιβόλως έπάρκεια ένεργείας άνέμου έντòς όλοκλήρου τής έπικρατείας.

Τούτο σημαίνει, ότι έφ' όσον περιοριζόμεθα, δια λόγους οικονομικούς, εις μονάδας ισχύος μόνον 5 - 10 kW, δέν ύπάρχει σημείον εις την Χώραν όπου δέν θα ήδύνατο να εγκατασταθούν αυται. Αύτη είναι ή βασική διαφορά μεταξύ τής τεχνικής τής Αιολικής Ένεργείας και τής των Υδατοπτώσεων, όπου, άπαραίτητως, επιβάλλονται μακροχρόνιοι υδρολογικαί παρατηρήσεις, έπειδι επιδιώκεται ή δυνατότης τής έκαστοτε όλοκληρωτικής έκμεταλλεύσεως αυτών.

Έν συμπεράσματι, ή δυνατότης τής εγκαταστάσεως άνεμοκινητήρων ισχύος τής τάξεως των 5 - 10 kW ύφίσταται εις όλόκληρον τήν Χώραν και κατá μείζονα λόγον εις τás νήσους. Η μόνη διαφορά, ή όποία θα παρατηρηθή άναποφεύκτως, είναι, ότι εις ώρισμένας περιοχάς ή επιδιωκομένη ισχύς θα δύναται να παραχθή ύπό άνεμοκινητήρων κάπως μεγαλυτέρων ή μικροτέρων διαστάσεων. Πλήν τής γενικής παρατηρήσεως, ότι, όπου οι μετεωρολογικοί χάρται παρουσιάζουν περιοχάς έντονωτέρας πνοής του άνέμου, αι συνθήκαι οικονομικής έκμεταλλεύσεως τής ένεργείας αυτού θα είναι ευνοϊκώτερα, ούδέν έτερον τεχνικόν συμπέρασμα είναι δυνατόν να έξαχθή εκ των ως άνω μετεωρολογικών παρατηρήσεων, πέραν τής γενικής διαπιστώσεως, ότι όλόκληρος ή Χώρα, κατá προτίμησιν δέ αι νήσοι, και ιδίως αι όρειναι περιοχάι, είναι άκρως κατάλληλοι δια την εγκατάστασιν άνεμοκινητήρων.

5) Δια τás ημέρας που δέν θα είναι δυνατή ή χρησιμοποίησις αυτών με τί άλλο θα άντικατασταθούν, ή δέν χρειάζεται άντικατάστασις;

Άπο πρακτικής άπόψεως τυγχάνει γνωστόν, ότι ή Αιολική Ένεργεια, όσον άνεξάντλητος και άν είναι, παρουσιάζει τó μειωτικόν φαινόμενον, ότι είναι άσυνεχής συνάρτησις του χρόνου, ότι δηλαδή δέν παράγεται συνεχώς ύπό ώρισμένην έντασιν, δυναμένη μάλιστα, έντòς έλάχιστου χρονικού διαστήματος, να φθάση εις τó μέγιστον, δια να έκμηδενισθή άμέσως κατόπιν. Πλήν όμως τής «κατá δόσεις» τρόπον τινά παροχής τής Αιολικής Ένεργείας, επιβάλλεται άμέσως να διευκρινισθή, ότι μεσολαβούν ένίοτε και περιό-

δοι πλήρους νηνεμίας, δυνάμεναι να διαρκέσουν επί μίαν, σπανιώτερον όμως, δύο και περισσοτέρας, έν συνεχεία, ημέρας.

Η χαρακτηριστική αύτη μορφή, ύπό την όποιαν παράγεται ή Αιολική Ένεργεια, έχει όλως ιδιόζουσαν σημασίαν δια την Τεχνικήν τής έκμεταλλεύσεως αυτης. Άπλούστατος συλλογισμός έπιτρέπει, όθεν, να καταταχθούν αι διάφοροι δυναται έφαρμογαι κατá την έξήσ περίπου σειράν:

Α') Έργα τοιαύτης φύσεως, ώστε αι ημέραι νηνεμίας και ή διαρκώς μεταβαλλομένη ισχύς του άνέμου να μη άποτελώσι τεχνικόν έμπόδιον:

α) Άντλησις ύδατος προς έναποθήκευσιν εις ύψηλότερον κειμένην ή τεχνητήν λίμνην.

β) Άντλησις ύδατος εκ μονίμου έλους, δια την εις σχετικώς μακρόν χρόνον άποξηρανσίν του (ως τá Ρολδερ τής Όλλανδίας), ούχι όμως δια την άμεσον άποστράγγισιν των ύδάτων μιάς πλημμύρας.

γ) Μηχανικαί εγκαταστάσεις έπεξεργασίας γεωργικών προϊόντων, ήτις, λόγω τής φύσεώς της, δύναται να έκτελήται μόνον κατá τás ημέρας όπου πνέει άνεμος (προκειμένου ιδίως δια την έναποθήκευσιν των προϊόντων). Μύλοι, τεχνητή θέρμανσις τής γής, θέρμανσις δια θερμού ύδατος, ψύξις χώρων έναποθηκείσεως.

Β') Έργα τοιαύτης φύσεως, ώστε αι ημέραι νηνεμίας να άντιμετωπίζωνται δια δεξαμενής έπαρκούς χωρητικότητας.

α) Έργα ύδρεύσεως.

β) Έργα άρδέσεως, έφ' όσον ταυτα δέν δύναται να ύπαχθούν εις την προηγουμένην κατηγορίαν (υπόθεσις ίσως συζητήσιμος εις πολλάς περιπτώσεις, παρá την δαπάνην δια την κατασκευήν τής δεξαμενής έναποθηκείσεως).

γ) Μηχανική έπεξεργασία γεωργικών προϊόντων, ήτις δέον να έκτελήται άνευ ούδεμιάς διακοπής.

Γ') Έργα άπαιτούντα διαρκή ισχύν:

α) Ηλεκτροφωτισμός οικιών και μικρών χωρίων. Η κανονική λειτουργία καθ' οίανδήποτε ώραν, άνεξαρτήτως τής πνοής του άνέμου, έξασφαλιζεται δι' έναποθηκείσεως του ρεύματος εις συστοιχίαν συσσωρευτών.

β) Ένίσχυσις ήδη ύπαρχουσών εγκαταστάσεων ήλεκτροφωτισμού μικρών πόλεων.

Εις την Δανίαν ιδίως, έπίσης δέ και εις την Σοβιετικήν Ρωσίαν, προσετέθησαν εις την θερμικήν εγκατάστασιν παραγωγής ήλεκτρικού ρεύματος άνεμοκινητήρες προς ένίσχυσιν αυτης.

Η ισχύς των άνεμοκινητήρων τής Δανίας είναι τής τάξεως των 30 kW, ενώ εις την Σοβ. Ρωσίαν αυτη άνήλθεν, εις δύο περιπτώσεις, μέχρις 100 kW, τά δέ άποτελέσματα ήσαν άπολύτως ίκανοποιητικά, λόγω τής σχετικής οικονομίας καυσίμου ύλης κατá τás ώρας πνοής του άνέμου.

Τυχάνει γνωστόν, ὅτι οἱ ἀγνοοῦντες τὴν ἰδιαιτέραν Τεχνικὴν τῆς ἐκμεταλλεύσεως τῆς Αἰολικῆς Ἐνεργείας προβάλλουν συστηματικῶς σχεδὸν τὸ ἐπιχειρήμα: «Καὶ τί θὰ γίνῃ, ὅταν δὲν φυσᾷ ὁ ἄνεμος;»

Ἡ ἀπάντησις ἐπὶ τοῦ ἐπιχειρήματος αὐτοῦ εἶναι, ὅτι ἡ σημερινὴ ἐξέλιξις τῆς Τεχνικῆς τῆς ἐκμεταλλεύσεως τῆς Ἐνεργείας τοῦ Ἀνέμου κατέστησεν αὐτὴν τελείως πλέον ἀνεξάρτητον τῶν ἐκάστοτε ἀνωμαλιῶν εἰς τὴν πνοὴν τοῦ ἀνέμου. Πράγματι, πλὴν τῆς ἐναποθηκεύσεως ἐνεργείας εἰς ἠλεκτρικοὺς συσσωρευτὰς ἢ δεξαμενὰς ὕδατος, προσετέθη ἔκτοτε ἡ ἐφεύρεσις τοῦ Γάλλου Guichard.

Ὁ Guichard προτείνει κατ' ἀρχὴν Ἡλεκτρόλυσιν Ὑδατος καὶ ἐναποθήκευσιν τῶν παραγομένων προϊόντων αὐτῆς, Ὑδρογόνου καὶ Ὄξυγόνου. Ὅσακις παρίσταται ἀνάγκη καὶ ἐν ἀπόλυτῳ ἀνεξαρτησίᾳ πλέον ἀπὸ τὰς συνθήκας πνοῆς τοῦ ἀνέμου γίνεται χρῆσις τῶν ὡς ἄνω προϊόντων, δηλαδὴ καίεται τὸ Ὑδρογόνον ἐντὸς ἀτμοσφαιράς Ὄξυγόνου, καὶ τοῦτο εἰς οἰονδήποτε τόπον καὶ χρόνον.

Κατὰ τὸ 1959, ὁ Ἄγγλος Bacon παρουσίασε τὴν ὑπ' αὐτοῦ ἐπινοηθεῖσαν συστοιχίαν ἠλεκτρικῶν στήλων, ὅπου παράγεται ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ἐξ ἐπαφῆς Ὄξυγόνου καὶ Ὑδρογόνου, δηλαδὴ προϊόντων, καὶ πάλιν, τῆς Ἡλεκτρολύσεως τοῦ Ὑδατος.

Ἐπὶ τοῦ θέματος τῆς ἐναποθηκεύσεως τῆς Αἰολικῆς Ἐνεργείας, βάσει τῆς χρησιμοποίησεως τῶν προϊόντων τῆς ἠλεκτρολύσεως τοῦ ὕδατος, ἡ κατάστασις ἐμφανίζεται σήμερον (Φεβρουάριος 1960) ὡς ἑξῆς:

α) Καύσις Ὑδρογόνου ἐντὸς ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος, διὰ τὴν παραγωγὴν ἀτμοῦ εἰς ἀτμολέβητας πρὸς τροφοδότησιν ἀτμομηχανῆς, ἢ δι' ἐφαρμογὰς οἰκιακῆς χρήσεως, εἰς ἀντικατάστασιν τοῦ Φωταερίου.

Πράγματι, ἐγένετο γνωστὴ μία περίπτωσις, ὅπου τὸ Ὑδρογόνον, ὡς ἐν ἐκ τῶν προϊόντων τῆς ὑδρολύσεως ὕδατος, ἐχρησιμοποιήθη ὡς καύσιμος ὕλη, ἐκαίετο δηλαδὴ ἐντὸς ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος, τὸ δὲ ὄξυγόνον, ὡς τὸ ἕτερον προϊόν τῆς ἠλεκτρολύσεως, ἐπωλείτο εἰς τὴν ἀγορὰν καὶ τὸ προϊόν τῆς πωλήσεως αὐτοῦ ἐκάλυπτε μάλιστα τὰ ἔξοδα τῆς λειτουργίας τοῦ ἀνεμοκινητήρος, ἔτι δὲ καὶ τὴν ἀπόθεσιν αὐτοῦ, καὶ τοῦτο λόγῳ τῆς ἐξαιρετικῆς καθαρότητος τοῦ ἠλεκτρολυτικῶς παραγομένου ὄξυγόνου.

β) Χρησιμοποίησις μίγματος ὕδρογόνου καὶ ὄξυγόνου εἰς τετραχρόνους ἢ διχρόνους κινητήρας τοῦ εἴδους τῶν βενζινοκινητήρων.

Ἐπιβάλλεται, ἐν τούτοις, πᾶσα ἐπιφύλαξις, ὅσον ἄφορᾷ τὴν εὐρύτεραν διάδοσιν τῆς μεθόδου αὐτῆς, λόγῳ τοῦ κινδύνου ἐκ τῆς χρήσεως τοῦ κροτούντος ἀερίου  $H_2 + O$ . Τυχάνουν γνωστὰ αἱ ἐφαρμογαὶ τοῦ εἴδους τούτου, αὗται ὅμως εὐρίσκονται σήμερον ἀκόμη εἰς τὸ στάδιον τῶν πειραμάτων.

γ) Ἐφαρμογὴ τῆς προτάσεως τοῦ Guichard, συνισταμένης εἰς τὴν καύσιν

τοῦ ὕδρογόνου ἐντὸς ἀτμοσφαιράς ὄξυγόνου.

Ἐντατικὴ ἔρευνα, ἀκόμη καὶ παρὰ τὴν ἀρμοδίαν ἀρχῆν ἐν Γαλλίᾳ, δὲν ἐπιτρέπει τὸ συμπέρασμα, ὅτι ἡ μέθοδος αὐτῆ εἰσηλθὲν ἤδη εἰς πρακτικὴν ἐφαρμογὴν.

δ) Ἡλεκτρικὴ συστοιχία Ὑδρογόνου - Ὄξυγόνου.

Ἡ πρότασις τοῦ Bacon διὰ τὴν πρακτικὴν ἐφαρμογὴν τῆς ὑπ' αὐτοῦ ἐπινοηθείσης στήλης Ὑδρογόνου - Ὄξυγόνου εὐρίσκεται σήμερον σχεδὸν εἰς τὸ τέρμα τῆς ἐξελιξεῶς τῆς. Διὰ τὸν λόγον τοῦτον ἐθεωρήθη σκόπιμος ἡ λεπτομερὴς ἐξέτασις τῶν πρακτικῶν δυνατοτήτων διὰ τὴν ἐνδεχομένην ἐν Ἑλλάδι ἐφαρμογὴν τῆς μεθόδου τῆς ἀπ' εὐθείας παραγωγῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας κατὰ τὴν μέθοδον τοῦ Bacon.

Ἡ ἀρχὴ τῆς «Στήλης Κροτούντος Ἀερίου» τυχάνει ἤδη πρὸ πολλοῦ γνωστῆ. Τὰ ἀέρια Ὑδρογόνου καὶ Ὄξυγόνου διοχετεύονται πρὸς δύο κατάλληλα ἠλεκτρόδια, τὰ ὅποια εὐρίσκονται ἐντὸς ἐνὸς ἠλεκτρολύτου. Τὸ ἠλεκτρόδιον Ὄξυγόνου ἀποτελεῖ τὸν θετικὸν πόλον τῆς στήλης καὶ τὸ ἠλεκτρόδιον τοῦ Ὑδρογόνου τὸν ἀρνητικὸν τοιοῦτον.

Συμφώνως μὲ τὸν νόμον τοῦ Faraday, εἰς θερμοκρασίαν  $20^{\circ} C$  καὶ κανονικὴν πίεσιν:



Πρὸς τοῦτο ἀπαιτεῖται κατανάλωσις ἐνεργείας 5,49 Wh. Εἰς τὴν ἐνέργειαν αὐτὴν ἀντιστοιχεῖ τάσις 1,23 V δι' ἕκαστον στοιχεῖον. Ἐν τούτοις, ἡ τάσις αὕτη δὲν δύναται νὰ ἐπιτευχθῆ πρακτικῶς, ἐπειδὴ ἡ ἀναγωγὴ τοῦ Ὄξυγόνου ἐπὶ τοῦ θετικοῦ ἠλεκτροδίου λαμβάνει χώραν πάντοτε μέσῳ τῆς ἐνδιαμέσου παραγωγῆς Ὑπεροξειδίου τοῦ Ὑδρογόνου. Ὡς ἐκ τούτου ἐμφανίζεται, εἰς τὴν πραγματικότητα, τάσις 1,03 V μόνον, ἀντιστοιχοῦσα εἰς θεωρητικὴν ἀπόδοσιν 83,8%.

Τὸ στοιχεῖον τοῦ Bacon ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἠλεκτρόδια ἐκ πορώδους Νικελίου, ὅπου οἱ πόροι ἐπὶ τῆς πλευρᾶς πρὸς τὸν ἠλεκτρολύτην εἶναι μικροτέρας διαμέτρου τῶν πόρων τῆς πλευρᾶς πρὸς τὰ ἀέρια Ὄξυγόνου καὶ Ὑδρογόνου. Τὸ θετικὸν ἠλεκτρόδιον τοῦ Ὄξυγόνου περιέχει, ἐπὶ πλέον, ἕνα κατάλληλον καταλύτην. Ὡς ἠλεκτρολύτης χρησιμοποιεῖται καυστικὸν Κάλιον, καταλλήλου πυκνότητος. Τὸ στοιχεῖον λειτουργεῖ κανονικῶς μὲ τὰ ἀέρια Ὄξυγόνου καὶ Ὑδρογόνου ὑπὸ πίεσιν 25 ἀτμοσφαιρῶν καὶ ὑπὸ θερμοκρασίαν  $200^{\circ} C$ . Ἡ ὑψηλὴ πίεσις καὶ ἡ ὑψηλὴ θερμοκρασία διευκολύνουν τὰς ἀντιδράσεις καὶ ἐπιτρέπουν τὴν ἐπίτευξιν ἰσχυροτέρας ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Κατὰ προσφάτους πληροφορίας, ἡ στήλη τοῦ Bacon ἐμφανίζει μέσην τάσιν 0,75 V διὰ πυκνότητα ρεύματος 250 mA/cm<sup>2</sup>, ὅπερ ἀντιστοιχεῖ μὲ συντελεστὴν ἀποδόσεως 61%. Ὑπὸ πυκνότητα ρεύματος 500 mA/cm<sup>2</sup>, ἡ τάσις μειοῦται εἰς 0,6 V, δηλαδὴ πίπτει ὁ συντελεστὴς ἀποδόσεως εἰς 49%.

Ἡ συστοιχία τοῦ Bacon ἀποτελεῖται ἀπὸ κυλινδρικούς στήλας διαμέτρου 25 cm ἄνευ τῆς θερμικῆς μόνωσης. Διὰ τῆς συναρμολογήσεως ἀριθμοῦ τιμῶν στοιχείων Bacon, ἡ συστοιχία λαμβάνει τὴν μορφήν ἐνὸς ὀριζοντίου κυλίνδρου, εἰς τὰς δύο βάσεις αὐτοῦ καταλλήλως στεγανοποιημένου.

Ἡ ἀπόδοσις τῆς συστοιχίας Βασον εἶναι ἡ ἐξῆς:

Ἀριθμὸς στῆλῶν	40	
Τάσις ἀνά στῆλην	0,6	V
Ἴσχυς	5	kW
Βάρος	350	kg
Ὅγκος	88,5	lit
Τάσις τῆς συστοιχίας	24	V
Ἔντασις ρεύματος	208	A
Συντελεστὴς ἀποδόσεως	49%	

Σημειωτέον, ὅτι τὰ ὡς ἄνω δεδομένα ἀφοροῦν μόνον τὴν συστοιχίαν καὶ πρέπει νὰ προστεθοῦν, ἐπὶ πλεόν, ἡ συσκευή ρυθμίσεως καὶ αἱ φιάλαι τῶν πεπιεσμένων ἀερίων.

Γενικῶς πρέπει νὰ ἐπαναληφθῇ ἡ ἤδη γενομένη παρατήρησις, ὅτι ἡ χρησιμοποίησις Ὑδρογόνου καὶ Ὄξυγόνου συνεπάγεται τὸν κίνδυνον τῆς δημιουργίας κροτούντος ἀερίου. Ἐπὶ πλεόν, ἡ χρησιμοποίησις ὑψηλῶν θερμοκρασιῶν καὶ πιέσεων δημιουργεῖ εἰδικὰ προβλήματα, τὰ ὁποῖα δεόντως πρέπει νὰ ληφθοῦν ὑπ' ὄψιν ἐν περιπτώσει εὐρυτέρας χρησιμοποίησεως τῆς ἐν λόγῳ μεθόδου.

Προκειμένου περὶ πρακτικῶν ἐφαρμογῶν, εἰς μονίμους ἐγκαταστάσεις, ὀφείλεται νὰ ἐξετασθῇ τὸ ζήτημα τοῦ ὄγκου καὶ τοῦ βάρους τῆς πλήρους συστοιχίας, συμπεριλαμβανομένων καὶ τῶν δοχείων ἀερίων O<sub>2</sub> καὶ H<sub>2</sub>, π. χ. διὰ τὴν περίπτωσιν λειτουργίας διαρκείας 3 ὥρῶν. Λεπτομερῆς ἐξέτασις ὅσον ἀφορᾷ τὸ βάρος καὶ τὸν ὄγκον τῶν ὑπ' ὄψιν φιαλῶν ἄγει εἰς τὰ ἐξῆς συμπεράσματα:

Ἀπόδοσις	Ὅγκος	Βάρος
61%	10,9 lit/kWh	7,4 kg/kWh
49%	13,6 lit/kWh	9,1 kg/kWh

Ὅσον ἀφορᾷ τὸν ὄγκον καὶ τὸ βάρος αὐτῆς ταύτης τῆς συστοιχίας, ταῦτα ἐξαρτῶνται προφανῶς ἐκ τῆς ἰσχύος τῆς συστοιχίας. Διὰ τριῶρον διάρκειαν λειτουργίας καὶ συντελεστὴν ἀποδόσεως  $\eta = 49\%$ , ἡ ἰσχύς τῆς συστοιχίας ὑπολογίζεται εἰς  $23,6 : 3 = 7,88$  kW, τὸ βάρος αὐτῆς ἀνέρχεται εἰς 551 kg, ὁ δὲ ὄγκος εἰς 139 lit, δηλαδὴ ἀνά μονάδα ἐναποθηκευομένης ἐνεργείας:

$$\eta = 49\% \quad 5,9 \text{ lit/kWh} \quad 23,4 \text{ kg/kWh}$$

Οἱ ὡς ἄνω ἀριθμοὶ δὲν συμπεριλαμβάνουν τὰς συσκευὰς ἐλέγχου καὶ ρυθμίσεως.

Συνοπτικῶς, καὶ διὰ τριῶρον διάρκειαν λειτουργίας:

Δοχεῖα ἀερίων	320 λίτρα	215 kg
Συστοιχία	139 λίτρα	551 kg
<b>Συνολικῶς</b>	<b>459 λίτρα</b>	<b>766 kg</b>

(ἄνευ τῶν διατάξεων ἐλέγχου)

Ἐνέργεια (τριῶν ὥρῶν)	23,6 kWh
Ἴσχυς » »	7,8 kW
Ἀπόδοσις » »	49%
Εἰδικὰ τιμὰ	19,5 λίτρα ἀνά kWh
	32,5 kg/kWh
	(ἄνευ τῶν διατάξεων ἐλέγχου καὶ ρυθμίσεως).

Πρὸς σύγκρισιν μὲ συσσωρευτὴν Μολύβδου, συγκρίνου κατασκευῆς, καὶ πάλιν διὰ τριῶρον διάρκειαν λειτουργίας, αἱ ἀντίστοιχοι εἰδικὰ τιμὰ εἶναι:

Εἰδικὸς ὄγκος	14,7 λίτρα/kWh
Εἰδικὸν βάρος	35,6 kg/kWh

#### Γενικὸν συμπέρασμα:

Εἰς τὸ σημερινὸν στάδιον ἐξελίξεως, ἡ συστοιχία Ὄξυγόνου - Ὑδρογόνου τοῦ Βασον δὲν φαίνεται ἀκόμη νὰ παρουσιάσῃ ἀρκετὰ πρακτικὰ πλεονεκτήματα, εἰς τρόπον ὥστε δι' αὐτῆς νὰ δύναται ἐπωφελῶς νὰ ἀντικατασταθῇ ὁ κλασσικὸς συσσωρευτὴς Μολύβδου. Σημειωτέον, ὅτι ἐν Ἑλλάδι κατασκευάζονται συσσωρευταὶ Μολύβδου ἀρίστης ποιότητος καὶ ὡς ἐκ τούτου, ἀκόμη καὶ ἐὰν ὁ συσσωρευτὴς Βασον ἐνεφανίζετο ὡς ἡ οικονομικώτερα λύσις τοῦ προβλήματος τῆς ἐναποθηκεύσεως τῆς Αἰολικῆς Ἐνεργείας, δυσκόλως θὰ ἠδύνατο οὗτος νὰ ἐπικρατήσῃ ἐνταῦθα. Πράγματι, ὁ συσσωρευτὴς Βασον προϋποθέτει τὴν συμπίεσιν τῶν ἀερίων Ὑδρογόνου καὶ Ὄξυγόνου καὶ εἰδικὰ ὀβίδια ὑψηλῆς πιέσεως, ὅποτε δυσχεραίνεται οὐσιαστικῶς ἡ πρακτικὴ ἐφαρμογὴ ὁλοκλήρου τῆς ὑπ' ὄψιν νέας μεθόδου.

Τὸ συμπέρασμα τοῦτο θὰ ἦτο βεβαίως δυνατὸν νὰ προβλεφθῇ καὶ ἄνευ τῆς προηγηθείσης ποσοτικῆς ἀνασκοπήσεως τῆς μεθόδου τοῦ Βασον. Ἐν τούτοις, προέβημεν εἰς αὐτὴν λόγῳ τῆς σήμερον διαχύτου γνώμης, ὅτι αὕτη ἀποτελεῖ μίαν ἰδεώδη λύσιν παραγωγῆς ηλεκτρικῆς ἐνεργείας. Τὸ γεγονὸς τοῦτο δὲν δύναται νὰ ἀμφισβητηθῇ. Ἐν τούτοις, αἱ ἀναφερθεῖσαι εἰδικὰ τιμὰ ὄγκου καὶ βάρους τῆς συστοιχίας τοῦ Βασον ἀποδεικνύουν σαφῶς, ὅτι αὕτη, σήμερον ἀκόμη, δὲν δύναται νὰ ἐκτοπίσῃ τὰς κλασσικὰς συστοιχίας Μολύβδου, ἰδίως ὅταν αὗται, ὅπως συμβαίνει τοῦτο εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς Ἑλλάδος, κατασκευάζονται ἐνταῦθα.

Ἐκ τῶν ὡς ἄνω ἐπιτεταί, ὅτι, προκειμένου περὶ ἐναποθηκεύσεως Αἰολικῆς Ἐνεργείας ὑπὸ μορφὴν ηλεκτρικῆς τοιαύτης, ὁ κλασσικὸς συσσωρευτὴς Μολύβδου ἀποτελεῖ σήμερον τὴν ἐν Ἑλλάδι ἐνδεδειγμένην λύσιν. Εἰς ὠρισμένας ὁμως περιπτώσεις δύναται ἐπίσης νὰ ληφθῇ ὑπ' ὄψιν ἡ ἐγκατάστασις ἐνὸς μικροῦ κινητήρος Ντῆζελ διὰ τὴν ἀντιμετώπισιν τῶν ἡμερῶν τῆς πλήρους νηνεμίας.

#### 6) Ποῖον θὰ εἶναι τὸ κόστος τῆς μονάδος ἐνεργείας κατὰ προσέγγισιν, κατὰ περίπτωσιν συσκευῆς;

Πλὴν τῶν ἤδη ἀναφερθέντων στοιχείων ὅσον ἀφορᾷ τὰς τιμὰς τῶν διαφόρων τυπικῶν μεγεθῶν ἀνεμοκινητήρων καὶ τὴν ἰσχὴν τῆς ὑπ' αὐτῶν παραγομένης ἐνεργείας, ὁ ἐπακόλουθος πίναξ παριστᾷ συγκριτικῶς τὰς τιμὰς, ἀνά kW ἰσχύος, σειρᾶς ἀνεμοκινητήρων γαλλικῆς κατασκευῆς, βάσει τῆς σχέσεως  $1 \text{ NFt} = 6,20 \text{ δρχ.}$ , ὅπου αἱ τιμὰ αὐτὰ ἀφοροῦν μόνον τὴν ἀξίαν τοῦ ἀνεμοκινητήρος, ἄνευ τοῦ πύργου στηρίξεως αὐτοῦ.

	kW	Δρχ.	Δρχ./kW
	0,18	6.700.—	37.000.—
	0,40	9.600.—	24.000.—
	0,80	14.000.—	17.500.—
	1,20	19.500.—	16.200.—
	2,00	30.000.—	15.000.—

Ἐκ τῆς ἐξετάσεως τοῦ πίνακος τούτου ἐπιβεβαι-  
οῦται τὸ γνωστὸν συμπέρασμα, ὅτι οἱ ἀνεμοκινητήρες  
πολὺ μικρὰς ἰσχύος, δηλαδὴ κάτω τοῦ 0,5 kW, εἶναι  
ἄκρως ἀσύμφοροι οἰκονομικῶς.

Ἐτερον γαλλικὸν ἐργοστάσιον κατασκευάζει, ἐν  
σειρᾷ, δύο τύπους ἀνεμοκινητήρων, ἰσχύος 1 kW καὶ  
5 kW, ὅπου ὁμως ἡ κάτωτι τιμὴ αὐτῶν συμπεριλαμβά-  
νει καὶ πύργον στηρίξεως ὕψους 14,5 μέτρων.

kW	Δρχ.	Δρχ./kW
1	66.000.—	66.000.—
5	144.000.—	29.000.—

Ἀξιοσημείωτος εἶναι, εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν, ἡ  
διαπίστωσις, ὅτι ἡ τιμὴ τοῦ ἀνεμοκινητήρος διπλασιάζ-  
εται μόνον, καὶ τοῦτο διὰ πενταπλασίαν ἰσχὺν αὐτοῦ.

Ἐκ διαφόρων συγκριτικῶν προσφορῶν ἀπεδείχθη,  
ὅτι ἀνεμοκινητὴρ ἰσχύος 5 kW ἀποτελεῖ τὸν σήμερον  
οἰκονομικώτερον τύπον ἀνεμοκινητήρος, ἀνὰ kW ἐγκα-  
τεστημένης ἰσχύος.

Αἱ ἄνω τιμαὶ εἶναι μεγάλαι, ἐπειδὴ αὐταὶ ἀφοροῦν  
κατασκευὰς ἐκ τῶν ἀρίστων σήμερον γωστῶν ὑλικῶν  
καὶ ὅπου π. χ. αἱ ἔλικες εἶναι κατεσκευασμέναι ἐκ δα-  
πανηρᾶς πλαστικῆς ὕλης.

Τέλος, παρατίθεται συγκριτικὸς πίναξ ἀνεμοκινη-  
τήρων ἐλβετικῆς κατασκευῆς, ἀλλὰ μὲ πτέρυγας οὐχὶ  
ἐκ πλαστικῆς ὕλης. Αἱ τιμαὶ νοοῦνται μετὰ ἰστοῦ στη-  
ρίξεως ὕψους 9 μέτρων. Ἐλήφθη διὰ τὴν μετατροπὴν  
ἡ δάσις 1 SFr = 7,20 δρχ.

kW	Δρχ.	Δρχ./kW
0,5	18.250.—	36.500.—
2,0	33.950.—	17.000.—
5,0	45.540.—	9.100.—

**7) Δύνανται αἱ ὡς ἄνω μονάδες νὰ κατασκευασθοῦν ἐν Ἑλλάδι ἢ ὄχι καὶ ὑπὸ ποίας προϋποθέσεις;**

Προκειμένου περὶ τῆς ἐν Ἑλλάδι κατασκευῆς ἀνε-  
μοκινητήρων, ἡ κατάστασις ἐμφανίζεται ὡς ἐξῆς:

Ἐπὶ τῶν ἀνεμοκινητήρων, ἡ κατασκευὴ τῶν ὁποίων προστατεύεται διεθνῶς ὑπὸ προνο-  
μίων εὐρεσιτεχνίας. Τὸ χαρακτηριστικὸν τῶν ἀνεμοκι-  
νητήρων αὐτῶν εἶναι, ὅτι οὗτοι εἶναι ἐξαιρετικῶς πο-  
λύστροφοι καὶ ἐκμεταλλεύονται εἰς πολὺ καλὸν βαθμὸν  
ἀποδόσεως τὴν ἐνέργειαν τῆς πνοῆς τοῦ ἀνέμου. Οἱ  
ἀνεμοκινητήρες αὐτοὶ εἶναι ἐφωδιασμένοι μὲ λεπτὰ  
ὄργανα ρυθμίσεως τῶν στροφῶν αὐτῶν καὶ συνήθως  
ταῦτα συνδεδεασμένα καὶ μετὰ ἐιδικῆς ἠλεκτρικῆς γεν-  
νητριάς συνεχοῦς ἢ ἐναλλασσομένου ἠλεκτρικοῦ ρεύ-  
ματος.

Ἐκ πρώτης ὄψεως θὰ ἐφαίνετο, ὅτι θὰ ἦτο δυνατὴ,  
ἐν περιπτώσει ἐξησφαλισμένης ἐν Ἑλλάδι κατασκευ-  
ῆς καταλλήλου ἀριθμοῦ ἀνεμοκινητήρων τῆς κατηγο-  
ρίας αὐτῆς, ἡ συγκατάθεσις τῶν κατόχων τῶν ἐν λό-  
γῳ προνομίων εὐρεσιτεχνίας διὰ τὴν ἐνταῦθα κατα-  
σκευὴν των.

Ἐν τούτοις, ἐφ' ὅσον ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐν Ἑλλάδι  
κατασκευαζομένων ἀνεμοκινητήρων δὲν θὰ ἦτο ἀρκού-  
τως μεγάλος, τὰ εἰς ξένον συνάλλαγμα δικαιώματα

τῶν κατόχων τῶν προνομίων εὐρεσιτεχνίας θὰ ἐδάρυ-  
νον πιθανῶς πέραν τοῦ ἀνεκτοῦ ὀρίου τὸ κόστος τῶν  
ἐνταῦθα κατασκευαζομένων ἀνεμοκινητήρων τῶν ὑπ'  
ὄψιν τύπων.

Πλὴν ὁμως τῶν ὡς ἄνω ὑπὸ τὴν προστασίαν τῶν  
προνομίων εὐρεσιτεχνίας εὐρισκομένων συστημάτων  
ἀνεμοκινητήρων, ὑπάρχουν ἕτερα συστήματα, τῶν ὁ-  
ποίων ἤδη ἔληξεν ἡ ὑπὸ τοῦ νόμου διάρκεια προστα-  
σίας.

Ἡ χρῆσις τῶν συστημάτων αὐτῶν εἶναι σήμερον ἐ-  
λευθέρα καὶ ἡ κατασκευὴ αὐτῶν εἶναι ὅπωςδήποτε ἐν-  
τὸς τῶν δυνατοτήτων παραγωγῆς τῶν Ἑλληνικῶν μη-  
χανουργείων. Βεβαίως, ὁ συντελεστὴς ἀποδόσεως τῶν  
συστημάτων αὐτῶν εἶναι μικρότερος τῶν συγχρόνων,  
ὑπὸ προστασίαν ἀκόμη εὐρισκομένων, ἀνεμοκινητή-  
ρων. Τὸ περιστατικὸν τοῦτο, ὁμως, δὲν ἔχει καὶ τόσο  
μεγάλην πρακτικὴν σημασίαν, ἐπειδὴ ἡ «καύσιμος  
ὕλη», δηλαδὴ ὁ ἀνεμος, παρέχεται ἐντελῶς δωρεὰν  
ὑπὸ τῆς φύσεως. Εὐρισκόμεθα ἐνώπιον μιᾶς βασικῆς  
διαφορᾶς μὲ τὴν περίπτωσιν τῶν θερμικῶν κινητήρων,  
ὅπου ἠϋξημένος συντελεστὴς ἀποδόσεως αὐτῶν σημαί-  
νει καὶ ἀντίστοιχον οἰκονομίαν εἰς καύσιμον ὕλην. Ἡ  
μόνη διαφορὰ, ἡ ὁποία θὰ προέκυπτεν ἐκ τῆς ἐφαρμο-  
γῆς συστημάτων ἀνεμοκινητήρων μὴ προστατευόμε-  
νων πλέον ὑπὸ προνομίων εὐρεσιτεχνίας, θὰ ἦτο συνε-  
πῶς εἴτε ἡ μείωσις τῆς ἰσχύος αὐτῶν ἐν συγκρίσει μὲ  
τὴν ἰσχὺν ἐνὸς συγχρόνου ἀνεμοκινητήρος ἢ, διὰ τὴν  
ἐπίτευξιν τῆς αὐτῆς ἰσχύος, ἡ κατασκευὴ μιᾶς ἔλικας  
κάπως μεγαλύτερας διαμέτρου.

Ἡ λύσις αὐτῆ, τῆς ἐφαρμογῆς δηλαδὴ προνομια-  
κῶς ἐλευθέρων πλέον συστημάτων ἀνεμοκινητήρων, δύ-  
ναται νὰ θεωρηθῇ, πιθανῶς, ὡς ἡ πλέον ἀρμόζουσα  
διὰ τὰς συνθήκας ἐκμεταλλεύσεως τῆς Αἰολικῆς Ἐνερ-  
γείας ἐν Ἑλλάδι.

**8) Ἐπὶ πόσας ἡμέρας κατ' ἔτος καὶ κατὰ μέσον ὄρον, βάσει τῶν ἐπιστῆμων μετεωρολογικῶν δεδομένων, προβλέπεται ὅτι θὰ εἶναι δυνατὴ ἡ λειτουργία τῶν συ-  
σκευῶν Αἰολικῆς Ἐνεργείας;**

Ὁ Πολιτικὸς Μηχανικός, μελετῶν τὴν ἐγκατάστα-  
σιν μιᾶς Ὑδατοπτώσεως, βασίζει τοὺς ὑπολογισμοὺς  
του ἐπὶ τῶν ὑδρολογικῶν δεδομένων ὁλοκλήρου τῆς ὑπ'  
ὄψιν περιοχῆς. Τυχάνει αὐτονόητον, ὅτι ὁ καθορισμὸς  
τῆς ἰσχύος τῆς πρὸς ἐγκατάστασιν Ὑδατοπτώσεως  
καὶ τὸ σύνολον τῶν kWh τῶν παραγομένων ἐτησίως  
ὑπ' αὐτῆς ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὴν ἀκρίβειαν τῶν συλ-  
λεχθέντων ὑδρολογικῶν στοιχείων καὶ, μάλιστα, τῶν  
παρατηρήσεων αὐτῶν ἐπεκτεινομένων ὅσον τὸ δυνατόν  
ἐπὶ μεγαλύτερον χρονικὸν διάστημα.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω ἔπεται, ὅτι ἡ ἀκριβὴς γνώσις  
τῶν ὑδρολογικῶν συνθηκῶν μιᾶς ὀρισμένης περιοχῆς  
ἀποτελεῖ τὴν ἀπαραίτητον προϋπόθεσιν διὰ τὴν ἐγκα-  
τάστασιν μιᾶς Ὑδατοπτώσεως ὑπὸ τὰς καταλληλο-  
τέρας δυνατὰς συνθήκας τῆς ὁλοκληρωτικῆς ἐκμεταλ-  
λέυσεως τῆς εἰς τὴν ὑπ' ὄψιν περιοχὴν διαθέσιμου Ὑ-  
δραυλικῆς Ἐνεργείας.

Ἡ περίπτωσις τῆς ἐκμεταλλεύσεως τῆς Αἰολικῆς  
Ἐνεργείας ἐμφανίζεται ὑπὸ τελείως διαφορετικὴν ὄ-  
ψιν: Ὡς ἤδη ἀνεπτύχθη λεπτομερῶς, δὲν τίθεται ζή-  
τημα ἐκμεταλλεύσεως τοῦ συνόλου τῆς διαθέσιμου

ένεργείας πνοής του ανέμου μιάς ώρισμένης περιοχής, άπλούστατα, έπειδι ή κατασκευή άνεμοκινητήρων τής πρδς τδν σκοπδν τδυτδν ένδειγμένης ισχύος, χιλιάδων δλοκλήρων kW, τυγχάνει, πρδς τδ παρδν τδύλάχιστον, τεχνικώς άδύνατος.

Ήδη, ύπδ τδν σήμερον ένδειγμένον περιορισμδν τής ισχύος ένδς άνεμοκινητήρος εις 100 kW μδνον, δέν δύναται νά τεθῆ ζήτημα τής δλοκληρωτικῆς έκμεταλλεύσεως τής Αιολικῆς Ένεργείας μιάς δοθείσης περιοχής, λόγω τδυ άπαγορευτικώς μεγάλου άριθμδυ τδν πρδς τδύτο άναγκαιδντων άνεμοκινητήρων. Άλλά και τδύτο αν ητο έφικτόν, τδ κόστος τδυ ύπδ τδν άνεμοκινητήρων τδύτων παραγομένων kWh θα ητο τδσον μεγάλον, δστε ούδδλως θα συνέφερε βιομηχανικώς.

Συμπέρασμα τής παρούσης άνασκοπήσεως τδυ ειδικου προβλήματος τής έκμεταλλεύσεως τής Αιολικῆς Ένεργείας είναι, δπως ηδη επανειλημμένως άνεπύχθη έντδς τδυ παρόντος Ύπομνήματος, δτι πρακτικώς, και πρδς τδ παρδν τδύλάχιστον, ένδεικνυται ή έγκατάστασις άνεμοκινητήρων εις μονάδας ισχύος ούχι μεγαλυτέρας τδν 5 - 10 kW. Ύπδ τās συνθήκας αύτας, δμως, δέν δύναται πλέον νά γίνη λόγος περι τής δλικῆς έκμεταλλεύσεως τής διαθεσίμου ένεργείας πνοῆς τδυ ανέμου μιάς ώρισμένης περιοχής.

Συγκεκριμένως και έν άντιθέσει με την περίπτωση τδν Ύδατοπτώσεων, τδ πρόβλημα τής έκμεταλλεύσεως τής Αιολικῆς Ένεργείας τίθεται άπλούστατα ύπδ την μορφήν τής έκλογῆς τής καταλλήλου τοποθετήσεως άνεμοκινητήρος καταλλήλων διαστάσεων δια την πλήρη έξυπηρέτησιν τδν επιδιωκομένων σκοπδν, έν πλήρει επιγνώσει, δτι εις την ύπ' δψιν τοποθεσίαν ή διαθεσίμου Αιολικῆ Ένεργεία ύπερβαίνει κατὰ πολυ την άναγκαιδύσαν τδυαύτην.

Την στιγμήν εκείνην θα προκύψη, βεβαίως, τδ ζήτημα τδν καταλλήλων διαστάσεων και τδυ ύψους, εις δ δέον νά έγκατασταθῆ δ άνεμοκινητήρ.

Όσον άφορᾷ τδ ύψος, δύναται νά λεχθῆ, δτι, ηδη, άπδ άρκετδν έτων έγκατελείφθη ή σκέψις περι τής τοποθετήσεως τδυ άνεμοκινητήρος εις τὰ μεγάλα ύψη, δπου ή ταχύτης πνοῆς τδυ ανέμου είναι άσυγκρίτως μεγαλυτέρα εκείνης πλησίον τδυ εδάφους. Βεβαίως, ή έκλογή τής τοποθεσίας και τδυ ύψους τδυ πύργου στηρίξεως τδυ άνεμοκινητήρος πρέπει νά γίνεται εις τρόπον δστε νά μη παρεμποδίζεται ή έλευθέρα πνοή τδυ ανέμου.

Πρακτικώς, δύναται νά λεχθῆ, δτι τδ ύψος τδυ πύργου στηρίξεως, εις τās περισσοτέρας περιπτώσεις, θα δύναται νά μη ύπερβαίνη τὰ 25 μέτρα, εις ώρισμένας δε περιπτώσεις, ίσως, νά είναι και κάτω τδν 20 μέτρων.

Έπειδι τυγχάνει ηδη άποδεδειγμένον, δτι οι άνεμοκινητήρες ισχύος γύρω εις τὰ 2 - 5 kW παράγουν την εύθηνότεραν δυνατήν ηλεκτρικην ένεργείαν, ή εκλογή τδυ καταλλήλου τύπου θα έξαρτηθῆ κυρίως εκ τής επιδιωκομένης ισχύος.

Λόγω τδν ιδιαιτευσδν συνθηκδν λειτουργίας τδν άνεμοκινητήρων και τής εις την πραγματικότητα ύπ' αύτων παραγομένης ένεργείας, δ συσχετισμδς αύτης

και τδν διαγραμμάτων πνοῆς τδυ ανέμου τδν αυτομάτων άνεμογράφων άπεδείχθη άδύνατος, ως τδύτο λεπτομερδς έξετέθη εις τδ κεφάλαιον 3 τδυ παρόντος Ύπομνήματος.

Συσκευαί, δπως έν Γαλλία, δπου γίνεται ή αυτόματος δλοκλήρωσις τής τρίτης δυνάμεως τής ταχύτητος τδυ ανέμου συναρτήσεται τδυ χρόνου, θα ήδύναντο, ύπδ ώρισμένας προϋποθέσεις, νά χρησιμοποιοθδν δια τδν προσδιορισμδν τδν ένδεικνυομένων διαστάσεων ένδς ύπδ μελέτην άνεμοκινητήρος. Έν τούτοις, τδυαύται συσκευαί δέν ύπάρχουν έν Έλλάδι, και ως εκ τδύτου αί διαστάσεις ένδς ύπδ έγκατάστασιν άνεμοκινητήρος πρέπει νά εκτιμηθδν βάσει τής πείρας τδυ κατασκευαστδυ, δια κανονικās συνθήκας πνοῆς τδυ ανέμου.

Η τακτικῆ αύτη εφαρμόζεται γενικώς σήμερον. Έν περιπτώσει, δμως, μη έπαρκδς παραγωγῆς ένεργείας ύφ' ένδς άνεμοκινητήρος, τοποθετείται, κατὰ κανόνα, δεύτερος τδυδύτος, τδν διαστάσεων αυτδυ ύπολογιζομένων πλέον βάσει τής πραγματικῆς εις ένεργείαν άποδόσεως τδυ πρώτου.

Η ως ανω διαδικασία, τής δοκιμαστικῆς έγκατάστασεως ένδς πρώτου άνεμοκινητήρος μάλλον περιωρισμένης ισχύος και τής συμπληρώσεως τής έγκατάστασεως δι' ένδς δευτέρου άνεμοκινητήρος, τδυ αυτδυ τύπου και συστήματος λειτουργίας, βάσει τής πραγματικῆς εις ένεργείαν έτησίας άποδόσεως τδυ πρώτου δοκιμαστικδυ άνεμοκινητήρος, φαίνεται εκ πρώτης δψεως ως στερουμένη έπιστημονικῆς βάσεως.

Έν τούτοις, εάν ληθδν δεόντως ύπ' δψιν άπαντα τὰ περιστατικά τής πραγματικῆς συμπεριφορῆς ένδς άνεμοκινητήρος, ως ταύτα περιγράφονται λεπτομερδς εις τδ κεφάλαιον 3 τδυ παρόντος Ύπομνήματος, εκτεθειμένου, ως είναι δ άνεμοκινητήρ ούτος, εις τās άποτόμους και στιγμιαίας κρούσεις τδυ ανέμου, ή ως ανω μνημονευθείσα διαδικασία δια την έγκατάστασιν ένδς σταθμδυ παραγωγῆς Αιολικῆς Ένεργείας άποτελεί ούχι μδνον την πρακτικην λύσιν τδυ προβλήματος άλλ' άκόμη και την έπιστημονικην τδυαύτην.

Όσον άφορᾷ τās άναποφεύκτους ώρας η και ήμέρας άκόμη πλήρους νηνεμίας, επεκράτησεν δ κανδν τής έγκαταστάσεως συστοιχίας συσσωρευτδν χωρητικδτητας 600 - 700 Ah εις την περίπτωση ένδς άνεμοκινητήρος ισχύος 5 kW. Έκ πείρας άπεδείχθη, δτι εις τās πλείστας τδν περιπτώσεων ή έγκατάστασις συστήματος συσσωρεύσεως είτε ηλεκτρικῆς, είτε θερμικῆς, είτε υδραυλικῆς φύσεως, άντιστοίχου χωρητικδτητας, είναι άρκετῆ δια την πρακτικην άντιμετώπισιν τδν περιδδων νηνεμίας η μειωμένης πνοῆς ανέμου.

Έπομένως, και λόγω τδν ιδιαιτευσδν συνθηκδν κατὰ την λειτουργίαν τδν άνεμοκινητήρων, αί διαστάσεις αύτδν δέν δύναται νά ύπολογισθδν μδνον βάσει τδν κοινδν στοιχείων, δσον άφορᾷ την ταχύτητα πνοῆς τδυ ανέμου. Αί άναπόφευκτοι περίοδοι νηνεμίας καλύπτονται έπαρκώς δια διατάξεων συσσωρεύσεως ένεργείας, καταλλήλως έπαρκδσης χωρητικδτητας, εις τρόπον δστε, πρακτικώς, νά μη ύφίστανται περίοδοι ήλαττωμένης η, άκόμη, και άνυτάρκτου διαθεσίμου ένεργείας.

Ύπδ τās προϋποθέσεις αύτας και εις άπάντησιν

του ως άνω τεθέντος έρωτήματος, δύναται να θεωρηθῆ ὡς πιθανόν, ὅτι ἐπιμελῶς μελετηθεῖσα ἐγκατάστασις ἀνεμοκινητήρων εἶναι εἰς θέσιν να παράγῃ ἐνέργειαν πρακτικῶς καθ' ὀλόκληρον τὸ ἔτος. Εὐμενὲς περιστατικὸν ἀποτελεῖ εἰς τὰς ἐγκαταστάσεις αὐτὰς τὸ γεγονός, ὅτι δι' ἀπλῶν σχετικῶς μέσων δύναται μία ἐγκατάστασις να συμπληρωθῆ, ἐάν, ἐκ τῆς πείρας, διαπιστωθῆ, ὅτι ὑπάρχει τοιαύτη ἀνάγκη.

### 9) Ποία ἡ ὑπολογιζομένη ὠφέλεια τῆς Ἐθνικῆς Οἰκονομίας ἐκ τῆς χρησιμοποίησεως, ὡς ἀνωτέρω, τῆς πηγῆς τῆς Αἰολικῆς Ἐνεργείας;

Κατ' ἀρχήν, ἡ ὠφέλεια τῆς Ἐθνικῆς Οἰκονομίας ἐκ τῆς χρησιμοποίησεως τῶν ἀνεμοκινητήρων ἔγκειται εἰς τὸ γεγονός, ὅτι ἡ «καύσιμος ὕλη» διὰ τὴν παραγωγὴν μηχανικῆς ἐνεργείας προσφέρεται, εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν, δωρεὰν ὑπὸ τῆς φύσεως, ὑπὸ τὴν μορφήν τοῦ πνέοντος ἀνέμου, ἐνῶ ἀντιθέτως ἡ λειτουργία ἐνὸς ἀντιστοίχου κινητήρος τύπου Ντῆζελ ἀπαιτεῖ συνεχρῆ ἐξαγωγήν συναλλάγματος διὰ τὴν ἐκ τοῦ ἐξωτερικοῦ προμήθειαν τοῦ ἀναγκαιοῦντος ἀκαθάρτου πετρελαίου.

Τὸ περιστατικὸν τοῦτο συνηγορεῖ, κατ' ἀρχήν, ὑπὲρ τῆς εὐρυτάτης χρησιμοποίησεως τῆς Αἰολικῆς Ἐνεργείας καὶ τοῦ, κατὰ λογικὴν συνέπειαν, παραμερισμοῦ τῆς χρησιμοποίησεως τῶν θερμικῶν κινητήρων.

Ἀπεδείχθη, ἤδη, ὅτι τοῦτο δὲν δύναται να ἐπιτευχθῆ πρακτικῶς, καὶ τοῦτο οὐχὶ μόνον διὰ λόγους καθαρῶς κατασκευαστικῶς, ἀλλ' ἀκόμη καὶ οἰκονομικῶς τοιοῦτους.

Πράγματι, τὸ βάρος ἐνὸς ἀνεμοκινητήρος καὶ ὁμοῦ μὲ τοῦτο καὶ τὸ κόστος αὐτοῦ εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὴν τρίτην δύναμιν τῆς διαμέτρου τῆς ἑλικῆς του, ἐνῶ ἡ ὑπ' αὐτοῦ παραγομένη ἰσχύς εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον μόνον τῆς διαμέτρου τῆς ἑλικῆς.

Τοῦτο σημαίνει, ὅπως διὰ πρώτην φοράν ἀνεπτύχθη εἰς τὸ Διεθνὲς Συνέδριον τοῦ Λονδίνου, 1950, ὑπὸ τοῦ γράφοντος, ὅτι αἱ ἐγκαταστάσεις ἀνεμοκινητήρων μεγάλης ἰσχύος εἶναι ἀσυγκρίτως δαπανηρότεροι τῶν σχετικῶς μικροτέρας ἰσχύος τοιοῦτων.

Συνεπῶς, οὐδὲν ὄφελος διὰ τὴν Ἐθνικὴν Οἰκονομίαν τῆς Ἑλλάδος θὰ ἠδύνατο να προκύψῃ ἐκ τῆς ἀντικαταστάσεως τῶν μεγάλων θερμικῶν συγκροτημάτων παραγωγῆς ἐνεργείας ὑπὸ ἐγκαταστάσεων ἀνεμοκινητήρων ἀντιστοίχου ἰσχύος.

Ἐν τούτοις, δυνατόν να ἀναφερθῆ μία περίπτωση, ὅπου, καὶ εἰς μεγάλην σχετικῶς κλίμακα, χρησιμοποίησις τῆς Αἰολικῆς Ἐνεργείας θὰ ἦτο δυνατόν να εἶναι ὠφέλιμος ἀπὸ τὴν πλευρὰν τῆς Ἐθνικῆς Οἰκονομίας τῆς Χώρας.

Πρόκειται περὶ τῆς κατ' ἀρχήν ἐκ νέου χρησιμοποίησεως τοῦ ἤδη ἀπαξ χρησιμοποιηθέντος ὕδατος τῶν Ὑδατοπτώσεων μας, διὰ τῆς ἐκ νέου ἀντλήσεως καὶ ἐναποθηκεύσεως αὐτοῦ εἰς τὴν Τεχνητὴν Λίμνην τροφοδοτήσεως τῆς Ὑδατοπτώσεως.

Πράγματι, κατὰ τοὺς μῆνας ὅπου δὲν γίνεται χρῆσις τοῦ ὕδατος τοῦ ἐξερχομένου ἐκ τῶν Ὑδροκινητήρων δι' ἀρδευτικῶς σκοποῦς, τὸ ὕδωρ τοῦτο οὐσιαστικῶς ἀπόλλυται διὰ τὴν Ἐθνικὴν Οἰκονομίαν τῆς Χώρας.

Θὰ ἦτο βεβαίως παράλογος ἡ ἐγκατάστασις ἀντλιῶν κινουμένων διὰ κινητήρων Ντῆζελ διὰ τὴν περισυλλογὴν τῶν ὕδατων τούτων καὶ ἀντλησιν αὐτῶν εἰς τὴν Τεχνητὴν Λίμνην, καθ' ὅσον ἡ ἀντιστοίχος δαπάνη θὰ ἦτο σημαντικὴ καὶ θὰ ἔδει να ἐξάγεται εἰς ξένον συναλλάγμα.

Εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο ὁμως ἡ χρησιμοποίησις ἀντλιῶν κινουμένων δι' ἀνεμοκινητήρων θὰ ἠδύνατο να ἀποτελέσῃ μίαν οἰκονομικῶς παραδεκτὴν λύσιν, καθ' ὅσον ἡ δαπάνη διὰ τὴν ἀντλησιν δηλαδὴ καὶ τὴν ἐκ νέου χρησιμοποίησιν τοῦ ὕδατος θὰ ἦτο ἀπληλαγμένη ἀπὸ τὸ σημαντικὸν κόστος τῆς προμηθείας τῆς καυσίμου ὕλης ἐκ τοῦ ἐξωτερικοῦ.

Ὑπενθυμίζεται ἐνταῦθα ἡ κλασσικὴ περίπτωσις τῆς ἀποξηράνσεως τῶν Polders τῆς Ὀλλανδίας, ὅπου ὀλόκληροι χιλιάδες τετραγωνικῶν χιλιομέτρων θαλασσίας ἐκτάσεως ἀπεξηράνθησαν τῆ βοηθείᾳ ὕδρατλιῶν κινουμένων δι' ἑκατοντάδων ἀνεμομύλων καὶ ἀποτελοῦν σήμερον πολυτίμους καλλιεργησίμους ἐκτάσεις τῆς Ὀλλανδίας.

Διὰ τῆς ἐφαρμογῆς τῆς παρούσης προτάσεως, τὸ περιεχόμενον τῆς Τεχνητῆς Λίμνης μίας Ὑδατοπτώσεως θὰ συνεπληροῦτο συνεχῶς καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τοῦ ἔτους διὰ τοῦ κατὰ τὴν χειμερινήν, ἰδίως, περίοδον ὑπὸ τῶν Ὑδροστροβίλων ἀπαξ χρησιμοποιηθέντος ὕδατος. Τοῦτο θὰ ἦτο ὠφέλιμον, οὐχὶ μόνον λόγῳ τῆς ἐκ νέου χρησιμοποίησεως τῶν ὑπ' ὄψιν μαζῶν ὕδατος, ἀλλὰ ταυτοχρόνως θὰ ἦτο καὶ πρὸς ὄφελος τοῦ ἀρδευτικοῦ προβλήματος, καθ' ὅσον ἡ Τεχνητὴ Λίμνη θὰ ἐνεφάνιζε, κατὰ τὴν ἔναρξιν τῆς ἀρδευτικῆς περιόδου, ἀσυγκρίτως μεγαλύτεραν περιεκτικότητά ὕδατος.

Βεβαίως, δὲν πρέπει να παραγνωρισθῆ τὸ γεγονός, ὅτι πρὸς ἐπίτευξιν τοῦ ὑπ' ὄψιν σκοποῦ ἀπαιτεῖται ἐγκατάστασις ἀνεμοκινητήρων συνολικῶς σχετικῶς μεγάλης ἰσχύος. Αὕτη ὁμως θὰ ἠδύνατο να ὑποδιαιρεθῆ εἰς μονάδας ἰσχύος 50 - 100 kW. Τὸ περιστατικὸν δὲ ὅτι τὸ κόστος τοῦ οὕτως ἐγκατεστημένου kW θὰ ἦτο μεγαλύτερον τοῦ ἀντιστοίχου παραγομένου ὑπὸ ἐνὸς ἀνεμοκινητήρος, ἰσχύος τῆς τάξεως 5 kW μόνον, θὰ ἠδύνατο ἴσως να θεωρηθῆ, εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσην, ὡς ἄνευ ἰδιαιτέρας πρακτικῆς σημασίας.

Πράγματι, ἡ ὠφέλεια τῆς Ἐθνικῆς Οἰκονομίας τῆς Χώρας ἐκ τῆς κατ' ἐπανάληψιν χρησιμοποίησεως τῆς αὐτῆς μάξης ὕδατος εἰς τὰς Ὑδατοπτώσεις εἶναι πολὺ μεγάλη.

Τὸ γεγονός, ὅτι διὰ τῆς χρησιμοποίησεως τῶν ὑπὸ τοῦ ἀνέμου κινουμένων ὕδρατλιῶν δὲν θὰ ἐτίθετο πλέον ζήτημα ἐξαγωγῆς συναλλάγματος διὰ τὴν προμήθειαν ἀκαθάρτου πετρελαίου, φαίνεται ἐκ πρώτης ὄψεως ἐξ ἴσου σπουδαῖον.

Ὅριστικὴ ἀπάντησις ὁμως ἐπὶ τοῦ παρόντος ζητήματος θὰ ἠδύνατο να δοθῆ μόνον κατόπιν ἐιδικῆς μελέτης κεχωρισμένως δι' ἐκάστην Ὑδατοπτώσιν.

Ἡ ὠφέλεια τῆς Ἐθνικῆς Οἰκονομίας ἐκ τῆς χρησιμοποίησεως τῶν οἰκονομικωτέρων ἀνεμοκινητήρων ἰσχύος 2kW - 5 kW θὰ ἦτο, φυσικὰ, ἀνάλογος μὲ τὴν ἐπέκτασιν τῆς χρήσεως αὐτῶν. Καὶ ἐδῶ, πάλιν, ἡ ὠφέλεια τῆς Ἐθνικῆς Οἰκονομίας τῆς Χώρας θὰ προήρχετο ἐκ τοῦ περιορισμοῦ εἰς τὴν κατανάλωσιν ἀκα-

θάρτου πετρελαίου, ίσως δὲ καὶ βενζίνης, ἀμφοτέρων εἰσαγομένων ἐκ τοῦ ἐξωτερικοῦ.

### 5. Η ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΠΛΕΥΡΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΝ ΕΛΛΑΔΙ

Ἐπὶ τῆς ἐπιβεβλημένης πρακτικῆς χρησιμοποίησεως τῆς Αἰολικῆς Ἐνεργείας ἐν τῇ Χώρα, εἰς μονάδας μικρᾶς ἰσχύος, ἐπαρκεῖς διὰ τὴν ἀντιμετώπισιν τῶν οἰκιακῶν ἀναγκῶν εἰς ἐνέργειαν τῶν οἰκογενειῶν τῆς ὑπαίθρου ἢ ἐνδεχομένως εἰς τινὰς περιπτώσεις καὶ τῶν λαϊκῶν τάξεων, δύνανται νὰ ἀναφερθοῦν αἱ ἐξῆς τυπικαὶ περιπτώσεις, βάσει συσκευῶν γαλλικῆς κατασκευῆς.

\* Ἀπασαὶ αἱ τιμαὶ νοοῦνται διὰ μηχανήματα μετὰ τῆς συσκευασίας των, ἀλλὰ παραδοτέα ἐν Γαλλίᾳ. Αἱ τιμαὶ εἶναι εἰς νέα γαλλικὰ φράγκα καὶ μετετράπησαν 1 NFr = 6,20 δρχ.

Περίπτωσης Νο 1: (6—8 λαμπτήρες φωτισμοῦ καὶ ραδιόφωνον).

Ἄνεμοκινητῆρ 180 Watt, 12 Volt, πλήρης μετὰ ἔλικος καὶ πίνακος	NFr	1.050.—
Κεφαλή πύργου 1,10 m διὰ τοποθέτησιν ἐπὶ ἰσοῦ		35.—
Δύο συστοιχίαι Μολύβδου, ἀνὰ 140 Ah		327.—
* Ἐξοδα συσκευασίας		22.—
<b>Σύνολον</b>		<b>1.434.—</b>
ἤτοι δραχμαὶ 8.900		

Περίπτωσης Νο 2: (10—15 λαμπτήρες φωτισμοῦ καὶ ραδιόφωνον).

Ἄνεμοκινητῆρ 400 Watt, 12 Volt, πλήρης μετὰ ἔλικος καὶ πίνακος	NFr	1.500.—
Κεφαλή πύργου, ὡς εἰς Νο 1		35.—
Δύο συστοιχίαι Μολύβδου, ἀνὰ 140 Ah		327.—
* Ἐξοδα συσκευασίας		38.—
<b>Σύνολον</b>		<b>1.900.—</b>
ἤτοι δραχμαὶ 11.800		

Περίπτωσης Νο 3: (20—25 λαμπτήρες καὶ ραδιόφωνον).

Ἄνεμοκινητῆρ 800 Watt, 24 Volt, πλήρης μετὰ ἔλικος καὶ πίνακος	NFr	2.200.—
Κεφαλή πύργου, ὡς εἰς Νο 1		35.—
4 συστοιχίαι Μολύβδου, ἀνὰ 140 Ah		654.—
Συσκευασία		44.—
<b>Σύνολον</b>		<b>2.933.—</b>
ἤτοι δραχμαὶ 18.200.—		

Περίπτωσης Νο 4: (μέχρι 30 λαμπτήρες φωτισμοῦ, ραδιόφωνον καὶ μικραὶ ἠλεκτρικαὶ συσκευαὶ οἰκιακῆς χρήσεως).

Ἄνεμοκινητῆρ 1200 Watt, 24 Volt, πλήρης μετὰ ἔλικος καὶ πίνακος	NFr	3.000.—
Κεφαλή, ὡς εἰς Νο 1		35.—
4 συστοιχίαι Μολύβδου, ἀνὰ 14 Ah		654.—
Συσκευασία		51.—
<b>Σύνολον</b>		<b>3.740.—</b>
ἤτοι δραχμαὶ 23.200.—		

Περίπτωσης Νο 5: (30 λαμπτήρες φωτισμοῦ, ραδιόφωνον, μικροὶ κινητῆρες μέχρι 1/4 HP, μικραὶ συσκευαὶ οἰκιακῆς χρήσεως).

Ἄνεμοκινητῆρ 800 Watt, 32 Volt	NFr	2.200.—
Κεφαλή, ὡς εἰς Νο 1		35.—
5 συστοιχίαι Μολύβδου, ἀνὰ 140 Ah		817,5
Συσκευασία		44.—
<b>Σύνολον</b>		<b>3.903,5</b>
ἤτοι δραχμαὶ 24.800.—		

Περίπτωσης Νο 6: (30—40 λαμπτήρες φωτισμοῦ, ραδιόφωνον, ἠλεκτρικὸν σίδηρον, μικροὶ κινητῆρες μέχρις 1/4 HP ἢ ἠλεκτρικῶν ψυγείων, μικραὶ ἠλεκτρικαὶ συσκευαὶ οἰκιακῆς χρήσεως, ἠλεκτρικὴ ὑδραντλία).

Ἄνεμοκινητῆρ 1200 Watt, 32 Volt	NFr	3.000.—
Κεφαλή, ὡς εἰς Νο 1		35.—
5 συστοιχίαι Μολύβδου, ἀνὰ 140 Ah		817,5
Συσκευασία		51.—
<b>Σύνολον</b>		<b>3.903,5</b>
ἤτοι δραχμαὶ 24.200.—		

#### Γενικὴ παρατήρησις

Εἰς τὰς τιμὰς τῶν ἄνω ἐξ προϋπολογισμῶν δεόν νὰ προστεθῇ καὶ ἡ ἀξία ἐνὸς ἰσοῦ ἢ πύργου στηρίξεως, καταλλήλου ὕψους, τῆς τάξεως μεταξὺ 12 καὶ 25 μέτρων, ἀναλόγως μετὰ τὰς συνθήκας πνοῆς ἀνέμου τῆς ὑπ' ὄψιν τοποθεσίας. Αυτόνοητον τυγχάνει, ὅτι ὁ ἰσὸς οὗτος ἢ πύργος θὰ εἶναι ἐγχωρίου κατασκευῆς.

### 6. ΓΕΝΙΚΟΝ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

1) Τιμὴ τοῦ ὑπὸ τοῦ ἀνέμου παραγομένου kWh.

Ἐπὶ τῇ βάσει προσφορῶν ἐκ μέρους κατασκευαστῶν συγχρόνων ἀνεμοκινητῶν ἐξάγεται τὸ συμπέρασμα, ὅτι ὁ ἀνεμοκινητῆρ ἰσχύος 5 kW εἶναι σήμερον ὁ οἰκονομικῶς καταλληλότερος τύπος. Ταυτοχρό-

ως όμως διεπιστώθη, ότι η τιμή ενός ανεμοκινητήρος εξαρτάται σημαντικώς εκ της άρτίας ποιότητας της κατασκευής αυτού, καθ' όσον παρατηρήθησαν διαφοραί κόστους εις αναλογίαν 1 : 2 μεταξύ των διαφόρων προσφορών δια κινητήρας της αΐτης ισχύος.

Υπό τας μέσας συνθήκας πνοής του ανέμου εν τῇ Στερεῇ Ἑλλάδι, ένας σύγχρονος κινητήρ ισχύος 5 kW δύναται νὰ παράγῃ ἐνέργειαν μεταξύ 10.000 καὶ 20.000 kWh ἑτησίως.

Ὡς μέση τιμὴ προμηθείας καὶ ἐγκαταστάσεως ἐνός ανεμοκινητήρος ισχύος 5 kW δύναται νὰ γίνῃ δεκτὸν τὸ ποσὸν τῶν 100.000 - 180.000 δραχ. περίπου.

Διὰ τὴν ἐξυπηρέτησιν τοῦ κεφαλαίου καὶ ἀπόσβεσιν τῆς ἀξίας τοῦ ανεμοκινητήρος, ἐντὸς λογικῆς προθεσμίας 10 - 15 ἐτῶν, δυνάμεθα νὰ προβλέψωμεν τὸ ποσὸν τῶν 7,5% ἑτησίως.

Τὰ ἔξοδα συντηρήσεως καὶ ἐπιβλέψεως εἶναι πρακτικῶς ἀσήμαντα καὶ καλύπτονται ἐπαρκῶς διὰ τοῦ ποσοῦ 1% ἑτησίως.

Ἐπίσης δέον νὰ προβλεφθῇ 1% διὰ ἀσφάλιστρα, φορολογίαν κλπ.

Συνολικῶς ἡ ἑτησία ἐπιβάρυνσις διὰ τὴν λειτουργίαν τῆς ἐγκαταστάσεως θὰ ἀνέλθῃ εἰς 9,5% ἕως 10%, τὸ πολὺ, τῆς ἀξίας τῆς ἐγκαταστάσεως.

Βάσει τῶν ὡς ἄνω στοιχείων, ἡ τιμὴ τοῦ παραγομένου kWh θὰ κυμαίνεται περίπου μεταξύ τῶν ἐξῆς δύο ὁρίων:

**α) Ἐλαχίστη πιθανὴ περίπτωσις:**

Θεωροῦμεν τὴν ἀξίαν τοῦ ανεμοκινητήρος τῶν 5 kW ὡς 100.000 δραχ. καὶ τὴν ὑπ' αὐτοῦ παραγομένην ἑτησίαν ἐνέργειαν ὡς ἀνερχομένην εἰς 20.000 kWh. Ἐκ τῶν στοιχείων τούτων ἐξάγονται:

Ἀξία ανεμοκινητήρος 100.000 δραχ.  
 Ἐπ' αὐτοῦ ἑτησία δαπάνη 10%, ἤτοι 10.000 δραχ.  
 Ὅθεν, τιμὴ παραγομένου kWh βάσει ἑτησίας παραγωγῆς 20.000 kWh: 0,50 δραχ./kWh

**β) Μεγίστη πιθανὴ περίπτωσις:**

Ἡ ἀξία τοῦ ανεμοκινητήρος θεωρεῖται 180.000 δραχ. καὶ ἡ ὑπ' αὐτοῦ παραγομένη ἑτησία ἐνέργεια ὡς ἀνερχομένη εἰς 10.000 kWh μόνον. Ἐκ τῶν στοιχείων τούτων ἐξάγονται:

Ἀξία ανεμοκινητήρος 180.000 δραχ.  
 Ἐπ' αὐτοῦ ἑτησία δαπάνη 10%, ἤτοι 18.000 δραχ.  
 Ὅθεν, τιμὴ παραγομένου kWh βάσει 10.000 kWh ἑτησίας παραγωγῆς: 1,80 δραχ./kWh.

Αἱ ὡς ἄνω τιμαὶ νοοῦνται δι' ἀπ' εὐθείας παραγομένην καὶ ἐξ ὀλοκλήρου χρησιμοποιουμένην ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Τυχάνει ὅμως γνωστὸν, ὅτι διὰ τῆς ἐναποθηκέυσεως ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας ἐντὸς ἠλεκτρικῶν συσσωρευτῶν ἡ τιμὴ τοῦ kWh αὐξάνει εἰς τὸ διπλάσιον ἕως τὸ τριπλάσιον. Θὰ ἦτο, ἐν τούτοις, παράλογον νὰ θεωρηθῇ ὅτι αἱ ἄνω ὑπολογισθεῖσαι τιμαὶ τῶν 0,50 καὶ 1,80 δραχ./kWh θὰ ἔδει καὶ αὐταὶ νὰ πολ-

λαπλασιασθῶν μετὸν συντελεστὴν δύο ἢ τρία, καθ' ὅσον αὐτονόητον τυχάνει, ὅτι μικρὸν μόνον κλάσμα τῆς ἑτησίας παραγωγῆς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος θὰ ἐναποθηκεύετο ἐντὸς ἠλεκτρικῶν συσσωρευτῶν, δηλαδὴ ἡ ποσότης τῆς ἐνεργείας μόνον ἡ ἀπαιτουμένη διὰ τὸν ἠλεκτροφωτισμὸν οἰκιῶν κλπ.

Ἐπειδὴ καὶ ἡ σύνδεσις ἐνός ἠλεκτρικοῦ ψυγείου θὰ ἠδύνατο, εἰς πλείστας περιπτώσεις, νὰ γίνῃ ἀπ' εὐθείας μετὸν ἠλεκτρικὴν γεννήτριαν τοῦ ανεμοκινητήρος, καθ' ὅσον τὸ ἠλεκτρικὸν ψυγεῖον δύναται νὰ θεωρηθῇ καὶ τούτο ὡς συσσωρευτῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, ὑπὸ μορφὴν ψυκτικῶν μονάδων.

**2) Σύγκρισις μετὰ μηχανῶν Ντῆζελ ἢ Βενζινοκινητῶν.**

Ἀπεδείχθη, ἀνευ οὐδεμιᾶς δυνατῆς ἀμφιβολίας, ὅτι ἡ χρησιμοποίησις μικρῶν κινητῶν Ντῆζελ καὶ βενζινοκινητῶν, διὰ τὴν παραγωγὴν ἐνεργείας διὰ ἠλεκτροφωτισμὸν καὶ διὰ οἰκιακὰς καὶ λοιπὰς χρήσεις οἰκιῶν καὶ συγκροτημάτων οἰκιῶν, εἶναι πολὺ δαπανηρά. Τὸ περιστατικὸν τοῦτο προέρχεται, οὐχὶ ἐξ αἰτίας τῆς δαπάνης διὰ τὴν καύσιμον ὕλην, ἀλλὰ λόγῳ τῆς δαπάνης διὰ τὴν συντήρησιν καὶ τὰς συχνὰς ἐπιθεωρήσεις τῶν μικρῶν κινητῶν. Ἀπεδείχθη, πράγματι, ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν ὡς ἄνω κινητῶν ισχύος 5 - 15 kW πρέπει νὰ ρυθμίζωνται αἱ βαλβίδες μετὰ ἀπὸ 1000 - 1800 ὥρων λειτουργίαν καὶ μία γενικὴ ἐπιθεώρησις ἐπιβάλλεται νὰ γίνεταί ἀνὰ 3000 - 4000 ὥρας. Συνεπῶς, ἤδη μετὰ ὀλιγόμηνον συνεχῆ λειτουργίαν ἐμφανίζονται εἰς τοὺς μικροὺς θερμοκινητήρας συστηματικὰ δαπάναι συντηρήσεως αὐτῶν.

Ὅσάκις ἐν συγκρότημα Ντῆζελ - γεννήτριας δὲν λειτουργεῖ, δὲν ὑπάρχει διαθέσιμον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἀκριβῶς ὅπως συμβαίνει τοῦτο εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν ανεμοκινητῶν κατὰ τὰς περιόδους τῆς νηνεμίας. Ἐὰν ὅμως μία ἐγκατάστασις ἠλεκτροφωτισμοῦ πρέπει νὰ διαθέτῃ μονίμως ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐπιβάλλεται ἡ ὑπαρξίς βοηθητικῆς ἐγκαταστάσεως φωτισμοῦ μέσῳ συστοιχίας συσσωρευτῶν ἢ ἡ κυρία πηγὴ φωτισμοῦ δέον πλέον νὰ εἶναι μία συστοιχία συσσωρευτῶν, ἀντιστοίχως μεγαλυτέρας χωρητικότητος.

Πλείσται ἀποτυχία ἠλεκτροφωτισμοῦ οἰκιῶν ὠφείλοντο εἰς τὴν παραγνώρισιν ἢ ἀνεπαρκῆ ἀντιμετώπισιν τοῦ προβλήματος τῆς ἐναποθηκέυσεως τῆς ὑπὸ τοῦ ανέμου παραγομένης ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, καὶ τοῦτο ἐπειδὴ ἡ μελέτῃ τῆς ἐγκαταστάσεως Αἰολικῆς Ἐνεργείας ἐγένετο ὑπὸ ἀνθρώπων καλῆς, θεαίως, θελήσεως, παρασυρομένων ὅμως τοσοῦτον περισσότερον ὑπὸ τῆς σκέψεως περὶ ἀφθόνου καὶ δωρεὰν παρεχομένης φυσικῆς πηγῆς ἐνεργείας, ὅσον μικρότερα ἦσαν αἱ εἰδικαὶ τῶν γνώσεις τῆς Μηχανολογίας καὶ τῶν ἐν γένει ἠλεκτρικῶν ἐγκαταστάσεων.

Τηρουμένων εὐλαβῶς τῶν ἀναλογιῶν, ἐπρόκειτο περίπου περὶ τοῦ αὐτοῦ εἴδους ἐνθουσιωδῶν ὑποθέσεων καὶ συλλογισμῶν, τοὺς ὁποίους συναντῶμεν σήμερον, καθημερινῶς, εἰς τὸν Ἡμερήσιον Τύπον, ἀναφορικῶς πρὸς τὴν προσεχῆ, δῆθεν, ἐπικράτησιν τῶν Πυρηνικῶν Ἀντιδράσεων διὰ τὴν ἐπίλυσιν τῶν ἐνεργεια-



κών αναγκών της 'Ανθρωπότητας της σήμερα, πιθανώς δε ακόμη και της αύριον.

Είς την περίπτωση της έναποθηκείσεως της υπό του ανέμου παραγομένης ηλεκτρικής ενέργειας και διὰ λόγους καθαρώς οικονομικούς δεν ενδείκνυται η εγκατάστασις συστοιχίας συσσωρευτών, της οποίας η χωρητικότης να εκάλυπτεν εξ ολοκλήρου τὰς αίχμας καταναλώσεως, αἱ ὁποῖαι, μάλιστα, δυνατόν να συντίπτον καὶ με τὰς περιόδους νημείας. Διὰ λόγους καθαρώς πρακτικούς, ἡ ἐκλογή της ἰσχύος τοῦ ανεμοκινητήρος ὡς καὶ της χωρητικότητος της συστοιχίας δέον να ἀνταποκρίνεται πρὸς τὰς μέσας συνθήκας πνοῆς τοῦ ανέμου μόνον. Ἀναλόγως με τὴν ἰσχὺν τῶν ανεμοκινητήρων: 500, 800, 2000 ἢ 5000 Watt, ἡ κατάλληλος τάσις λειτουργίας ἐπιβάλλεται να εἶναι της τάξεως τῶν 24, 36, 65 ἢ 110 Volt ἀντιστοίχως.

Ἐπειδὴ αἱ ηλεκτρικαὶ συσκευαὶ οἰκιακῆς χρήσεως πρέπει ἀπαραιτήτως να δύνανται να λειτουργοῦν με τὰς κανονικὰς τάσεις ἐναλλασσομένου ρεύματος 220 ἢ 380 Volt, ἡ ἐγκατάστασις ἐπιβάλλεται να συμπληροῦται δι' ἐνὸς καταλλήλου μετατρεπτοῦ συνεχοῦς εἰς ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, ὅστις θα ἡδύνατο να συνδεθῆ μεθ' ἐνὸς μικροῦ βενζινοκινητήρος ἢ μικροῦ Ντῆζελ.

Τοιοῦτοτρόπως, ἐπιτυγχάνεται ἡ δυνατότης της φορτίσεως της συστοιχίας ἀνεξαρτήτως τῶν συνθηκῶν πνοῆς τοῦ ανέμου, ταυτοχρόνως ὅμως παρέχεται ἡ δυνατότης της παραγωγῆς ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Διὰ της διατάξεως ταύτης δύναται να χρησιμοποιηθῆ ὀλόκληρος ἡ ἰσχύς τοῦ θερμικοῦ κινητήρος, ἐπειδὴ τὸ ὑπόλοιπον, τοῦ ὁποίου δεν θα ἐγίνετο χρῆσις ὡς ἐναλλασσομένου ρεύματος, θα ἡδύνατο να χρησιμοποιηθῆ διὰ τὴν φόρτισιν της συστοιχίας.

Ἐπὶ τὰς συνθήκας αὐτὰς θα ἀπεκλείετο ἡ παράλογος περίπτωσις, ὅπου θα ἔπρεπε να λειτουργῆ κινητῆρ Ντῆζελ διὰ να ἀνάβουν ὀλίγοι μόνον ηλεκτρικοὶ λαμπτήρες.

Διὰ της περιγραφομένης διατάξεως, αἱ ὠραι λειτουργίας ἐνὸς συγκροτήματος τοῦ εἴδους τούτου θα περιωρίζοντο σημαντικῶς καὶ θα ἐπέτρεπον πιθανῶς τὴν λειτουργίαν αὐτοῦ ἴσως ἀκόμη καὶ ἐπὶ ὀλοκλήρους δεκαετίας, ἐπειδὴ ὁ ανεμοκινητῆρ θα παρέμενε ἡ κυρία συσκευή παραγωγῆς ηλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ὡς συμπέρασμα της ἀνω ἀνασκοπήσεως θα ἡδύνατο να θεωρηθῆ ἡ διαπίστωσις, ὅτι εἰς τὰς περιπτώσεις ἐκείνας, ὅπου, ὅπως εἰς τὴν Ἑλλάδα, ἡ πνοὴ τοῦ ανέμου δεν ἀποτελεῖ ἐν συνεχῆς φαινόμενον διαθεσίμου ἐνεργείας σταθερὰς περιόδου ἰσχύος, δεν τίθεται τὸ ἐρώτημα: Ντῆζελ ἢ Ἀνεμοκινητῆρ, ἀλλὰ ὅτι ἕνας συνδυασμὸς ἀμφοτέρων ἀποτελεῖ τὴν εὐνοικωτέραν λύσιν.

Διὰ τὰς περιπτώσεις, ὅπου δεν ἐπαρκεῖ ἡ ἰσχύς ἐνὸς ανεμοκινητήρος 5 kW, ἐκ της μελέτης τῶν ἀντιστοίχων προσφορῶν ἀπεδείχθη, ὅτι ἡ οικονομικωτέρα λύσις ἐπιτυγχάνεται διὰ της ἐγκαταστάσεως ἀριθμοῦ ανεμοκινητήρων ἰσχύος 5 kW ἐκάστου, ἀντὶ ἐνὸς τοιούτου ἀντιστοίχου συνολικῆς ἰσχύος.

Αἱ ὄρειναι περιοχαὶ της Ἑλλάδος, ὅπως καὶ αἱ νῆσοι αὐτῆς, διαθέτουν, ὑπὸ μορφήν της πνοῆς τοῦ ανέμου, μίαν ἀνεξάντλητον φυσικὴν πηγὴν ἐνεργείας.

Ἐπὶ τὰς συνθήκας αὐτὰς καὶ με τὸν περιορισμὸν της χρησιμοποίησεως ανεμοκινητήρων ἀπὸ οικονομικῆς ἀπόψεως καταλλήλου ἰσχύος, ἡ ὑπὸ τοῦ ανέμου παραγομένη ἐνέργεια δύναται να θεωρηθῆ ὡς ἡ εὐθηνότερα ἐν Ἑλλάδι διαθέσιμος τοιαύτη.

Ἐπιθυμῶμεν, ἐπίσης, ὅτι διὰ της χρησιμοποίησεως ἀντλιῶν συνδεδεμένων μετὰ ανεμοκινητήρων καταλλήλως μεγαλυτέρας ἰσχύος, ὡς ἀνεπτύχθη λεπτομερῶς εἰς τὴν ἀπάντησιν ἐπὶ τοῦ ὑπ' ἀριθμὸν 9 ἐρωτήματος τοῦ Τεχνικοῦ Ἐπιμελητηρίου της Ἑλλάδος, δύναται να ἐπιτευχθῆ καὶ μία βελτίωσις εἰς τὴν ἐκμετάλλευσιν τοῦ ὕδατος Τεχνητῶν Λιμνῶν, πρὸς ἐπαύξησιν της ἐτησίως παραγομένης ἐνεργείας, ἐν συνδυασμῷ καὶ με τὴν βελτίωσιν τῶν συνθηκῶν ἀρδεύσεως της ὑπ' ὄψιν περιοχῆς, πρὸς ἀναμφισβήτητον ὄφελος της Ἑθνικῆς Οἰκονομίας της Χώρας.