

# ΑΙΟΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ: ΑΝΕΜΟΣ

Δρ. Κονταξάκης Κώστας  
Επικ. καθηγητής ΕΛΜΕΠΑ.



- Τι είναι η αιολική ενέργεια;
- Γιατί είναι μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας;
- Βασικά χαρακτηριστικά



## Την κίνηση του αέρα επηρεάζουν:

- Η δύναμη της βαροβαθμίδας
- Η περιστροφική κίνηση της γης -Δύναμη Coriolis .
- Η κεντρομόλος επιτάχυνση.
- Οι δυνάμεις τριβών που δημιουργούνται όταν ο άνεμος έρχεται σε επαφή με το ανάγλυφο του εδάφους.



Η δύναμη αυτή που δημιουργεί τους ανέμους, ονομάζεται **δύναμη βαροβαθμίδας**. Πρόκειται για τη δύναμη που ασκείται σε μια αέρια μάζα εξαιτίας των διαφορετικών πιέσεων που υπάρχουν σ' αυτήν και η οποία ωθεί την αέρια μάζα από τις ψηλές πιέσεις προς τις χαμηλές.

**Βαροβαθμίδα** είναι η διαφορά (μεταβολή) της ατμοσφαιρικής πίεσης μεταξύ σημείων που βρίσκονται στην ίδια κάθετο δύο διαδοχικών ισοβαρών, σε γεωγραφική απόσταση ίση με τη μονάδα, που είναι η μία μοίρα. Η βαροβαθμίδα είναι το αίτιο δημιουργίας του ανέμου. Όταν η **βαροβαθμίδα** μεταξύ δύο παρακείμενων τόπων έχει τιμή ίση προς το μηδέν, τότε μεταξύ των δύο αυτών τόπων επικρατεί άπνοια, δηλαδή ο αέρας παραμένει οριζόντια ακίνητος, και άνεμοι δεν παρατηρούνται.

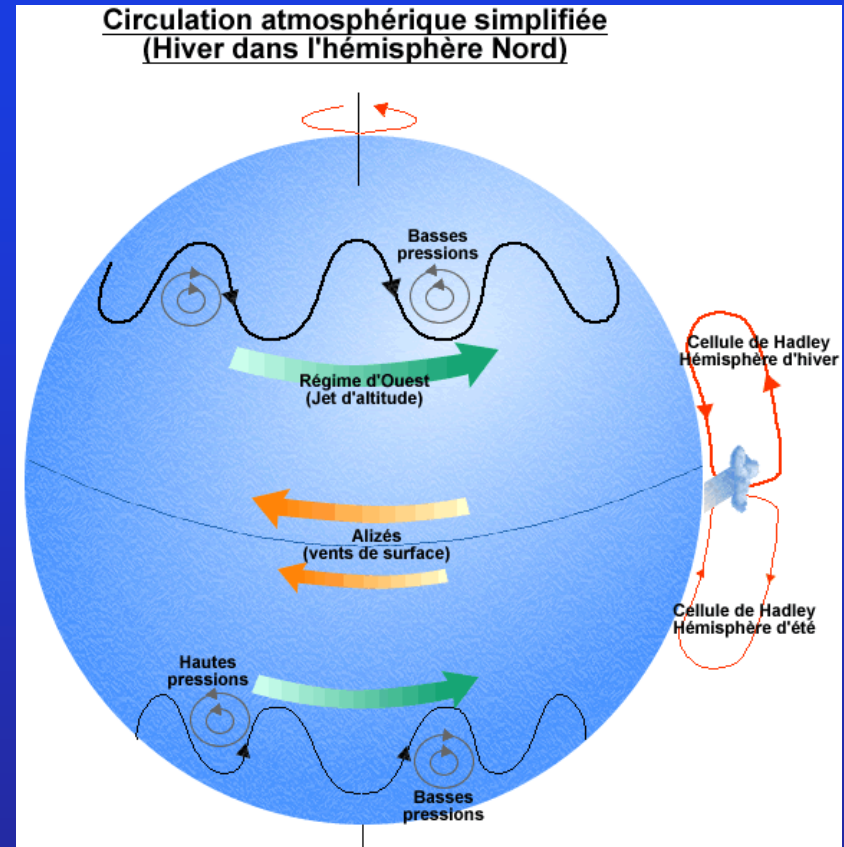
Στον άνεμο διακρίνουμε δύο στοιχεία, την **διεύθυνση** και την **ένταση του**.



# ΔΙΠΜΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

## ΑΝΕΜΟΣ

Η δύναμη Coriolis ασκείται σε κάθε σώμα που κινείται πάνω στη γη. Η δύναμη αυτή είναι ανάλογη της γωνιακής ταχύτητας της γης, της ταχύτητας του σώματος (δηλαδή, της αέριας μάζας, στην περίπτωση του ανέμου) και επίσης είναι ανάλογη του ημιτόνου του γεωγραφικού πλάτους του τόπου στον οποίο λαμβάνει χώρα η κίνηση, είναι δηλαδή πιο μεγάλη στους πόλους (γεωγραφικό πλάτος 90ο) και μηδέν στον ισημερινό, όπου το γεωγραφικό πλάτος είναι μηδέν.



*Υπό την επίδραση της δύναμης Coriolis οι άνεμοι στρέφονται προς τα δεξιά στο βόρειο ημισφαίριο και αριστερά στο νότιο, σε σχέση με την αρχική διεύθυνση του ανέμου. Η γωνία εκτροπής είναι ανάλογη με το γεωγραφικό πλάτος.*

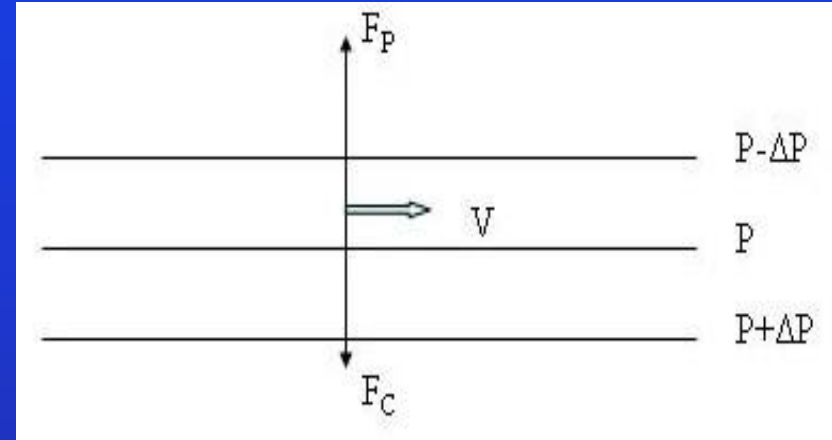
**Η δύναμη τριβής** αναπτύσσεται εξαιτίας της τραχύτητας που παρουσιάζει η επιφάνεια του εδάφους και της θάλασσας, πάνω στην οποία υποχρεώνεται να κινηθεί η αέρια μάζα. Επομένως έχει νόημα και ενδιαφέρον όταν η μελέτη της κίνησης περιορίζεται στα χαμηλά τμήματα της Τροπόσφαιρας. Το μέτρο της δύναμης αυτής είναι ανάλογο της ταχύτητας με την οποία κινείται η αέρια μάζα κι έχει φορά αντίθετη με εκείνη της ταχύτητας.

**Η φυγόκεντρη δύναμη** είναι η δύναμη με την οποία αντιδρά κάθε σώμα, το οποίο κινείται σε κυκλική τροχιά. Η δύναμη αυτή είναι ανάλογη της κεντρομόλου επιτάχυνσης και ανάλογη της ακτίνας καμπυλότητας της τροχιάς.

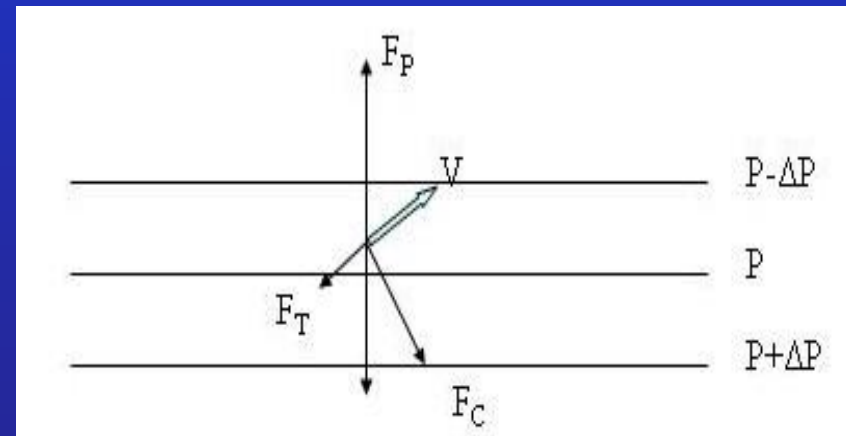


### Γεωστροφικός άνεμος (geostrophic wind)

Όταν οι ισοβαρείς είναι ευθείες παράλληλες, τότε ο ατμοσφαιρικός αέρας, δέχεται την επίδραση της δύναμης βαροβαθμίδας ( $F_p$ ), που τον μετακινεί αρχικά από τις ψηλές προς τις χαμηλές πιέσεις και της δύναμης Coriolis ( $F_c$ ), που τον εκτρέπει προς τα δεξιά (στο Βόρειο Ημισφαίριο).



Στην περίπτωση που οι ισοβαρείς είναι ευθείες παράλληλες, αλλά η κίνηση γίνεται κοντά στο έδαφος, τότε η δύναμη της βαροβαθμίδας ( $F_p$ ) αντισταθμίζεται από τη συνισταμένη της δύναμης Coriolis ( $F_c$ ) και της δύναμης της τριβής ( $F_T$ )

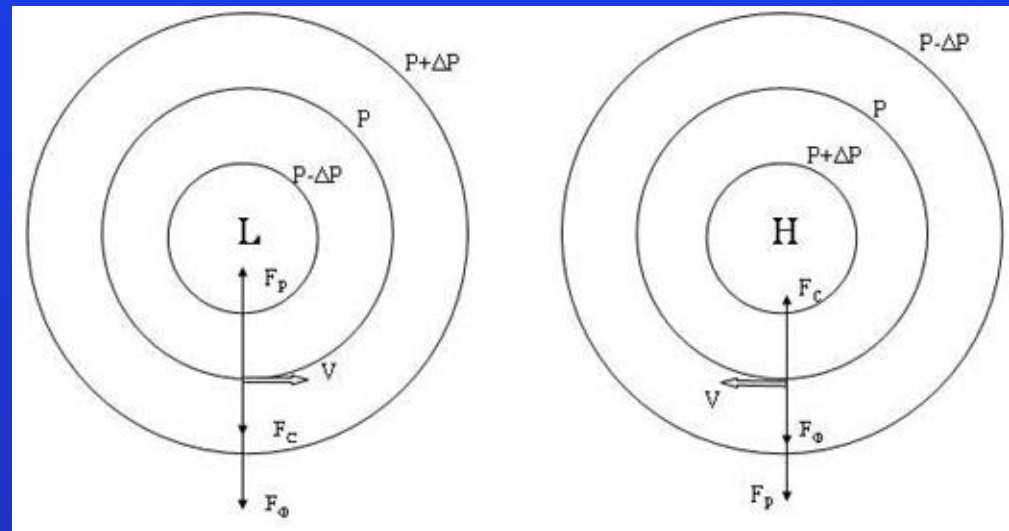


# ΔΙΠΛΩ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

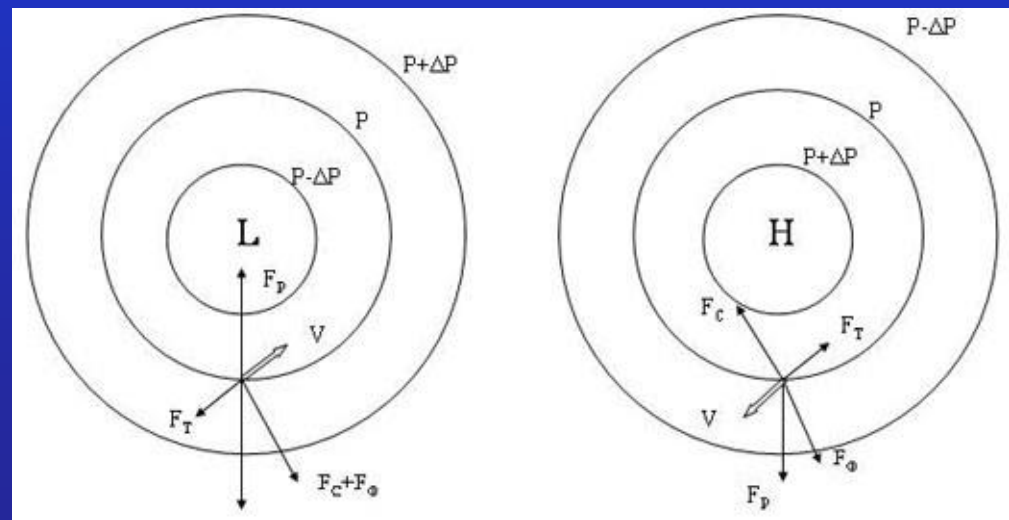
## ΑΝΕΜΟΣ

**Άνεμος βαροβαθμίδας  
(gradient wind)**

Χωρίς τριβή



**Άνεμος τριβής σε κυκλωνικό  
(ανοδικές κινήσεις) και  
αντικυκλωνικό σύστημα  
(καθοδικές κινήσεις).**



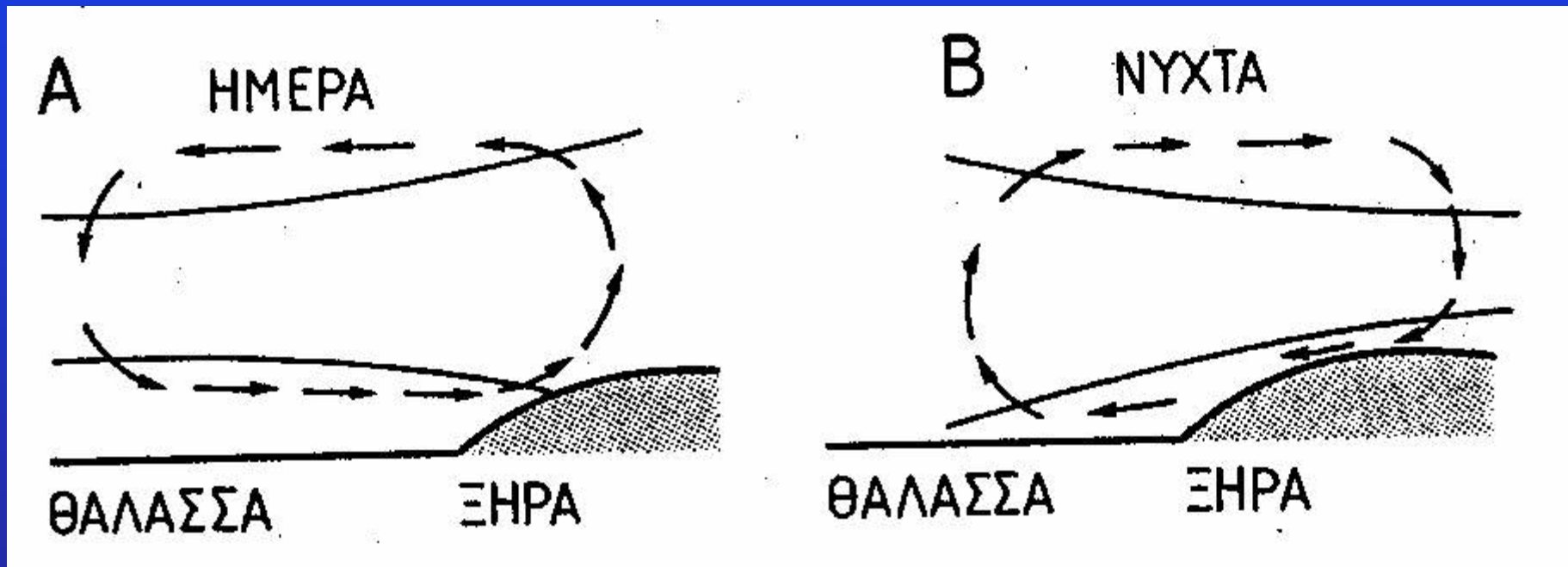
Από διαφορές πιέσεων που οφείλονται σε μόνιμα ή κινητά κέντρα χαμηλών και υψηλών πιέσεων, δημιουργούνται άνεμοι τους οποίους τους ονομάζουμε τοπικούς, για να ξεχωρίζουν από τους ανέμους γενικής κυκλοφορίας:

- α) Θαλάσσια και απόγεια αύρα
- β) Άνεμος βουνών και κοιλάδων
- γ) Άνεμοι ορεινών φραγμών



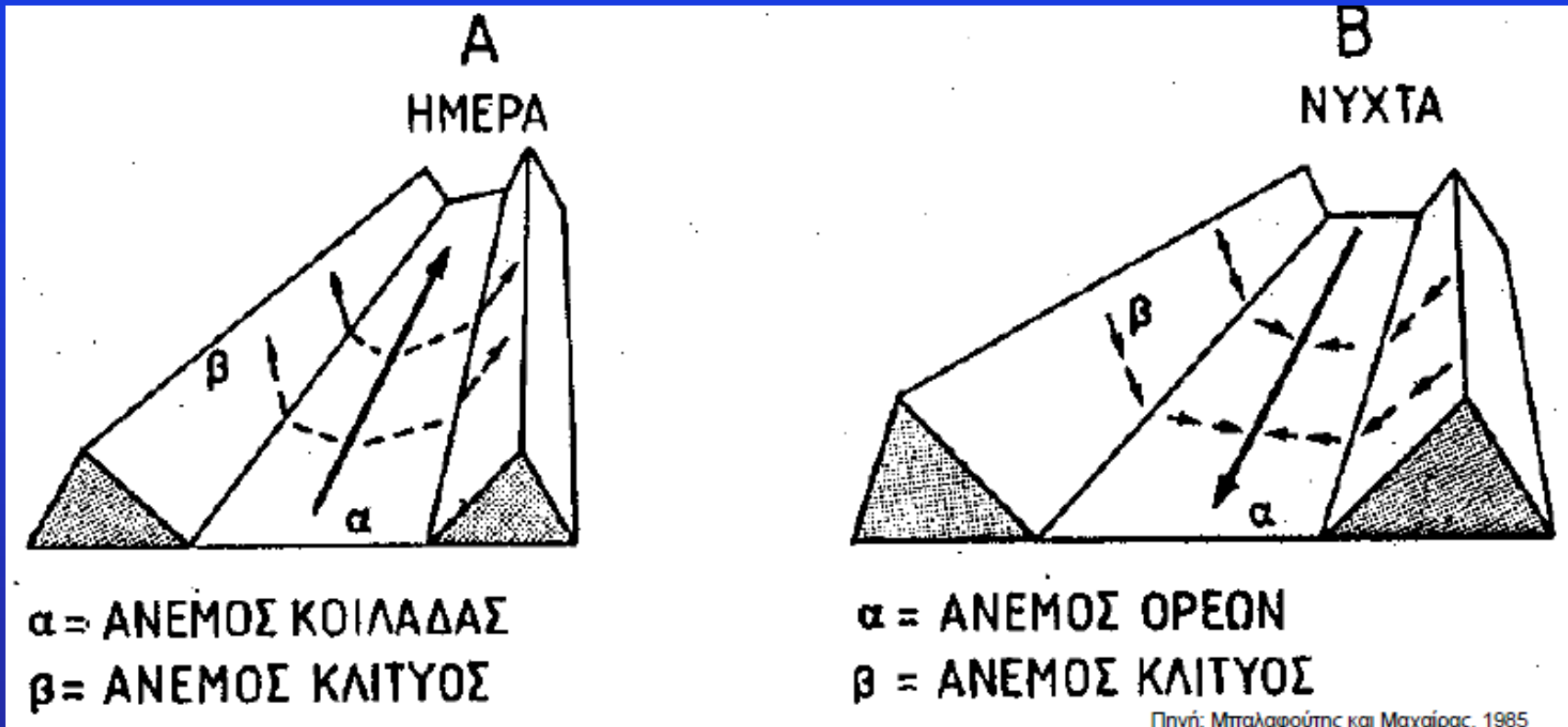
# ΔΙΠΛΩ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

## ΑΝΕΜΟΣ



# ΔΙΠΛΩ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

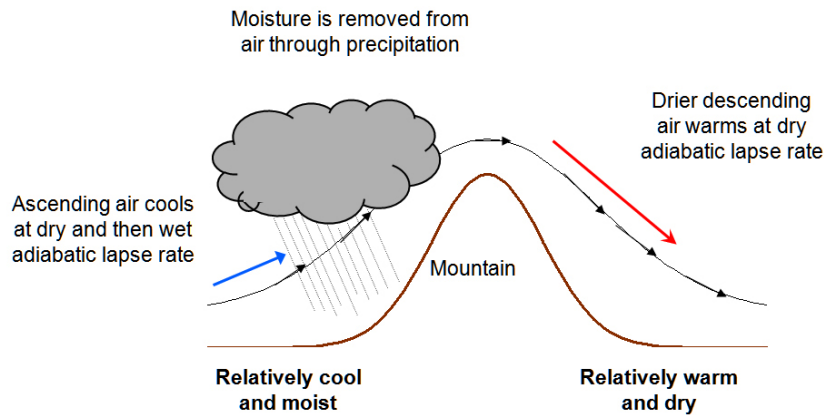
## ΑΝΕΜΟΣ



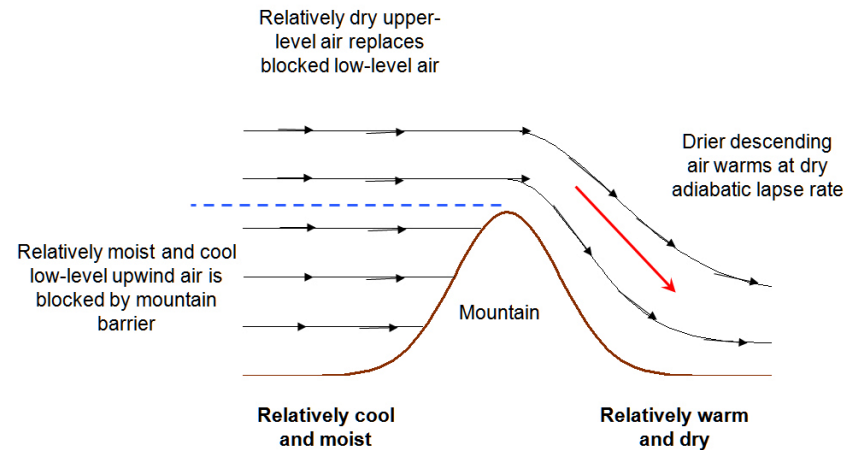
# ΔΙΠΛΩ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

## ΑΝΕΜΟΣ

### A. Thermodynamic foehn mechanism



### B. Mechanical or "blocking" foehn mechanism



## ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η κίνηση του αέρα δημιουργεί ένα οριακό στρώμα στην επιφάνεια της Γης το οποίο παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της δυνατότητας εκμετάλλευσής του για την παραγωγή Ενέργειας.

Η αιολική ενέργεια ορίζεται ως η κινητική ενέργεια των αερίων μαζών της ατμόσφαιρας. Έτσι η κινητική ενέργεια μιας αέριας μάζας  $m$  (kg) που κινείται με ταχύτητα  $u$  (m/sec) θα είναι:

$$E_k = \frac{1}{2} m V^2$$

# ΔΙΠΜΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

## ΑΝΕΜΟΣ

Η μάζα αυτή εάν υποθέσουμε ότι διέρχεται μέσα από μια νοητή επιφάνεια  $A$  ( $m^2$ ), έχει ρυθμό ροής:

$$\frac{dm}{dt} = \rho A V$$

Έτσι η ισχύς του ανέμου είναι:

$$P = \frac{dE_k}{dt} = \frac{1}{2} \frac{dm}{dt} V^2 \Rightarrow P = \frac{1}{2} \rho A V^3$$



Η πυκνότητα του αέρα μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$\rho = 348,8 \times 10^3 \frac{P_{\alpha}}{\theta}$$

όπου:

$\rho$ =η πυκνότητα του αέρα σε kg/m<sup>3</sup>.

$P_{\alpha}$ =η ατμοσφαιρική πίεση σε mm Hg.

$\theta$ =η θερμοκρασία του αέρα σε °C.

Οι πιο πιθανές πρακτικά τιμές της πυκνότητας του αέρα κοντά στη θάλασσα είναι από 1,201 kg/m<sup>3</sup> μέχρι 1,290 kg/m<sup>3</sup>

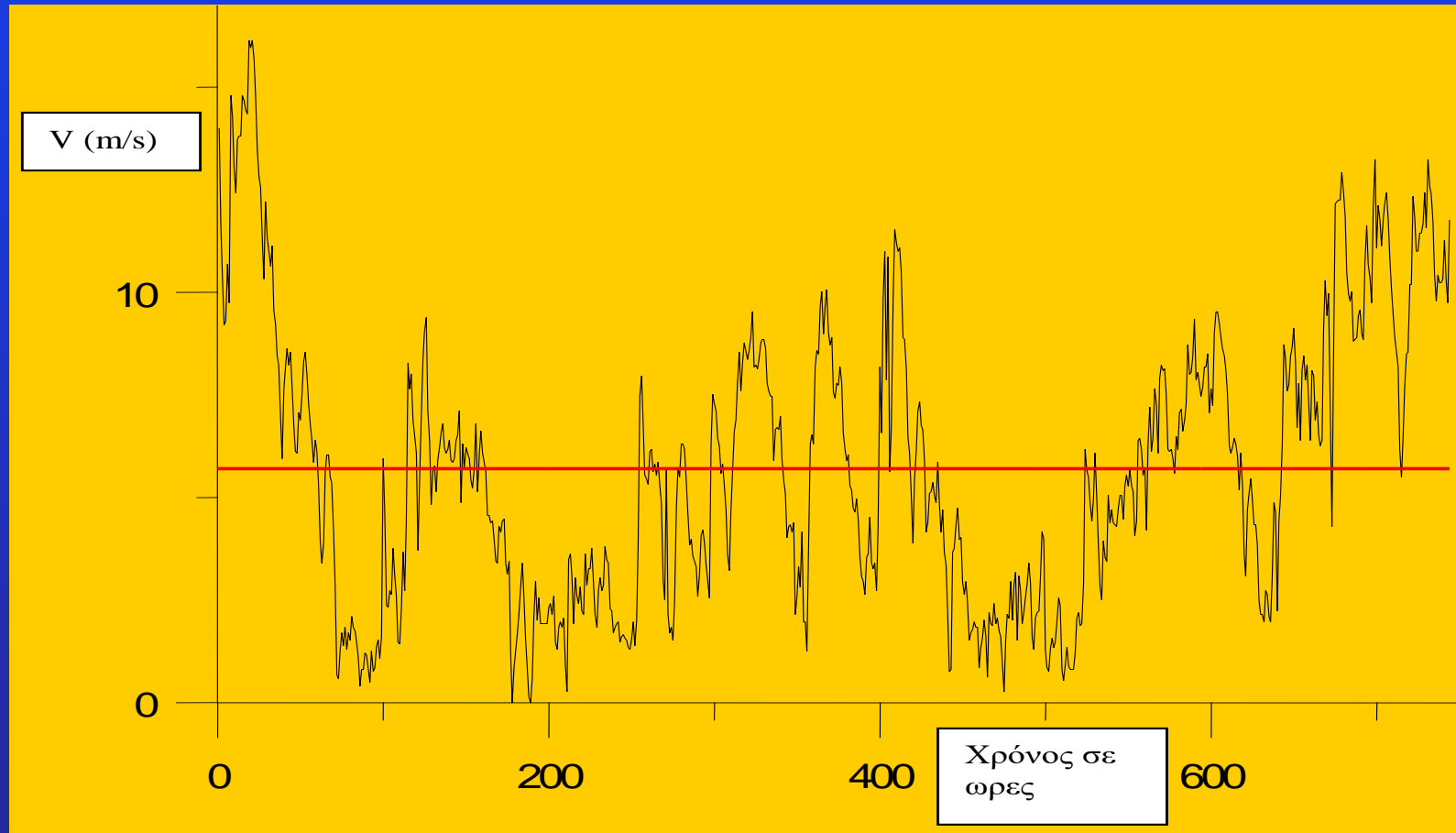
## ΤΥΡΒΗ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ

Ο όρος τύρβη αντιστοιχεί σε ένα ενδεικτικό μέγεθος που περιγράφει τις τυχαίες απότομες μεταβολές της ταχύτητας του αέρα σε σχέση με τη μέση ταχύτητα. Αριθμητικά η τύρβη υπολογίζεται αφαιρώντας από τη στιγμιαία, τη μέση τιμή της ταχύτητας του ανέμου.

Η μέση τιμή της ταχύτητας του ανέμου για περίοδο ολοκλήρωσης  $T$  είναι:

$$\bar{V} = \frac{1}{T} \int_0^T V(t) dt$$

# ΔΙΠΜΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΜΟΣ



Μέτρο της διακύμανσης της ταχύτητας του ανέμου αποτελεί η διασπορά της ταχύτητας του ανέμου “ $\sigma_v^2$ ”, η οποία ορίζεται απο την παρακάτω σχέση.

$$\sigma_v^2 = \frac{1}{T} \int_0^T [V(t) - \bar{V}]^2 dt$$

με τυπική χρονική περίοδο  $T = 10 \text{ min.}$

τότε η τύρβη ορίζεται ως:

$$u(t) = U(t) - \bar{U}$$

Μέτρο της μεταβλητότητας της τύρβης αποτελεί η αδιάστατη τιμή της που είναι ίση με:

$$I = \frac{\sqrt{\sigma_v^2}}{\bar{V}}$$

Η ένταση της τύρβης είναι ανάλογη της τραχύτητας του εδάφους και αντιστρόφως ανάλογη της ύψους μελέτης απο το έδαφος. Εάν χρησιμοποιούμε το αντιπροσωπευτικό ύψος “ $Z_0$ ” της μέσης τοπικής τραχύτητας, η ένταση της ανατάραξης προσεγγίζεται ικανοποιητικά από τις παρακάτω εξισώσεις :

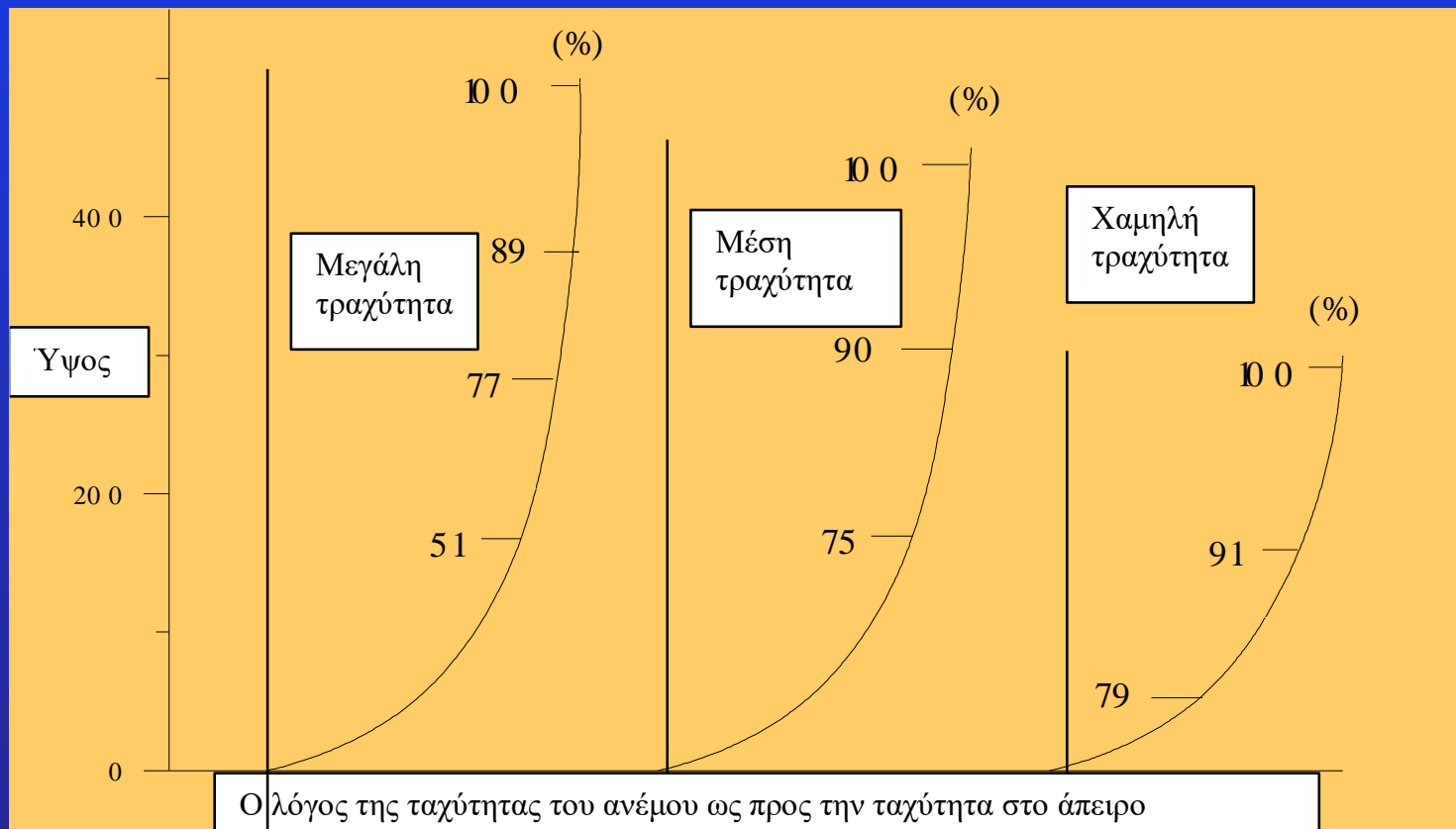
$$I = 1/\ln(Z/Z_0) \quad (Z_0 \leq 0,20m)$$

$$I = (0,78-0,14\ln Z_0)/\ln(Z/Z_0) \quad (Z_0 > 0,20m)$$

$Z_0=0.15h$  (για επίπεδες περιοχές), όπου (h) το μέσο ύψος των εμποδίων



## Επίδραση της τραχύτητας του εδάφους



## ΟΡΙΑΚΟ ΣΤΡΩΜΑ

Το ύψος στο οποίο η ταχύτητα του ανέμου είναι το 99.8% της ταχύτητας στο άπειρο λέγεται πάχος του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος. (το άπειρο ορίζεται σε περιπτώσεις καμπύλου εδάφους, βουνών κλπ. σε σχέση με την μη ιξώδη στρωτή ροή που θα αναπτυσσόταν).

Για δύο ύψη  $h_1$  και  $h_2$ :

$$\frac{u(h_2)}{u(h_1)} = \frac{\ln\left(\frac{h_2}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{h_1}{z_0}\right)}$$

Σημείωση: Ο πιο πάνω τύπος ισχύει για ύψη μέχρι 60m από το έδαφος.

Για τα ελληνικά νησιά  $z_0 = 0,3$  m.

Μια άλλη σχέση της ταχύτητας του ανέμου σχετικά με το ύψος είναι η:

$$\frac{u_{h_1}}{u_{h_2}} = \left( \frac{h_1}{h_2} \right)^\alpha$$

- $U_{h_1}$  = η ζητούμενη ταχύτητα του ανέμου σε ύψος  $h_1$ .
- $U_{h_2}$  = η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος αναφοράς  $h_2$ . Συνήθως  $h_2 = 10$  m.
- $\alpha$  = εκθέτης που εξαρτάται από τη φύση του εδάφους της τοποθεσίας μέτρησης της ταχύτητας του ανέμου. Συνήθως είναι  $\alpha = 1/7 - 1/4$ .

# ΔΙΠΜΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

## ΑΝΕΜΟΣ

Μορφή εδάφους	Τραχύτητα	Συντελεστής ( $\alpha$ )
Πεδινό	0-20	0,08-0,12
Μικρές ανωμαλίες	20-200	0,13-0,16
Δασώδες	1000-1500	0,20-0,23
Μεγάλες ανωμαλίες	1000-4000	0,25-0,40

Στην πράξη παίρνουμε:

Για ελεύθερα πεδία ροής του αέρα, όπως είναι οι περιοχές θαλασσών και αεροδρομίων:  $\alpha = 0,17$ .

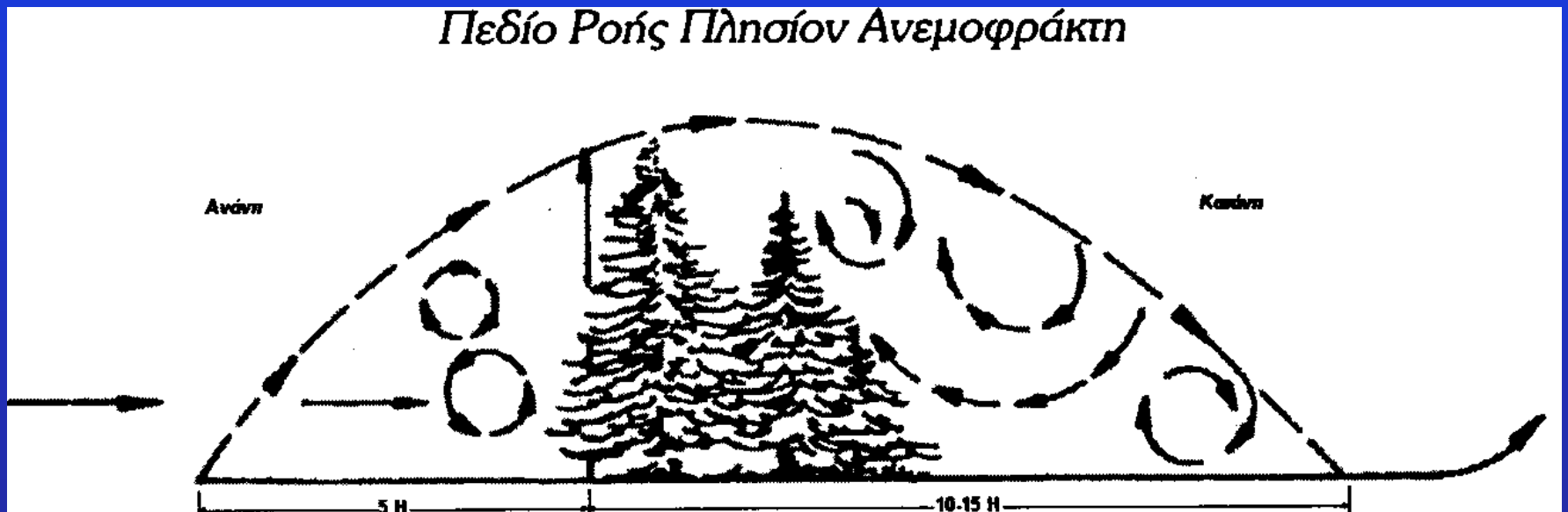
Για περιοχές μικρών πόλεων με μικρές κατασκευές:  $\alpha = 0,20$ .

Για πυκνοκατοικημένες πόλεις μεγάλων κτηρίων:  $\alpha = 0,25$ .



Επίδραση επιφανειακών εμποδίων

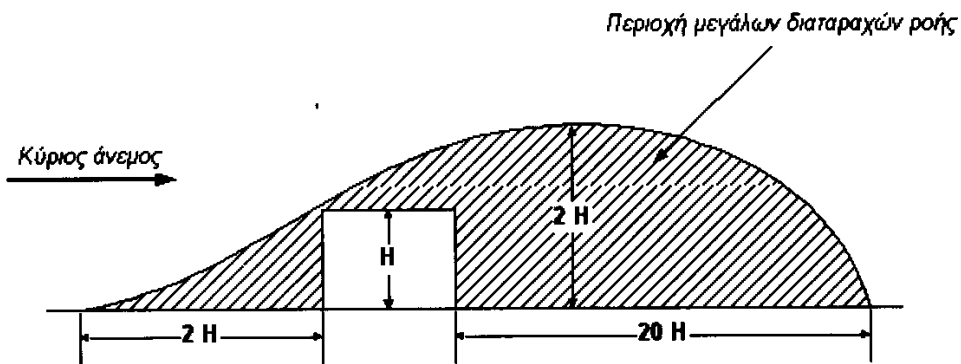
Πεδίο Ροής Πλησίον Ανεμοφράκτη



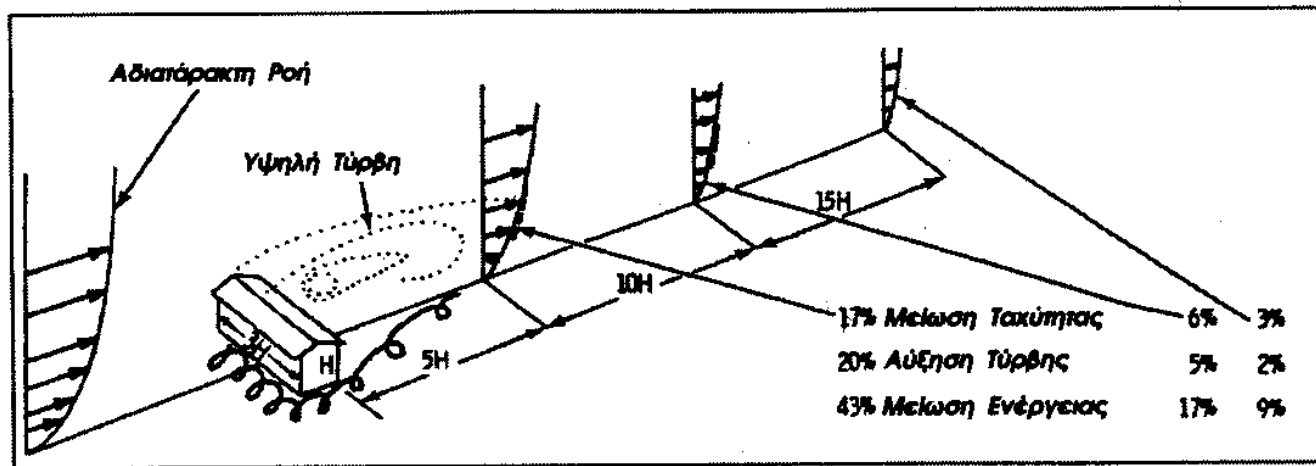
# ΔΙΠΛΩ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

## ΑΝΕΜΟΣ

### Όρια Διαταραγμένης Ροής Γύρω από Κτίριο

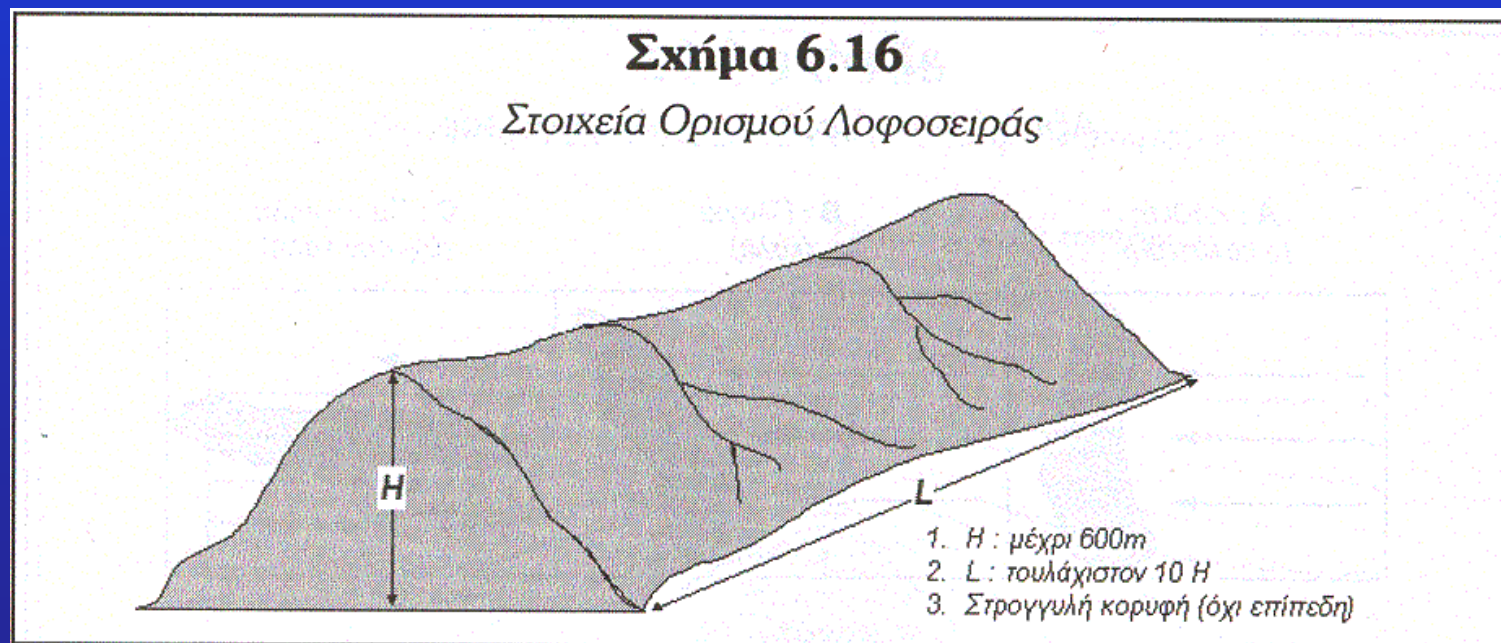


### Επίδραση Εμποδίου σε Ενέργεια-Τύρβη της Ροής



## Επίδραση του τοπογραφικού ανάγλυφου της περιοχής

Η διαμόρφωση του πεδίου ταχύτητας επηρεάζεται από την τραχύτητα του εδάφους και τα επιφανειακά εμπόδια, αλλά μεγαλύτερη επίδραση έχουν οι εδαφολογικές ιδιομορφίες στην περιοχή της πιθανής θέσης εγκατάστασης μιας αιολικής μηχανής.

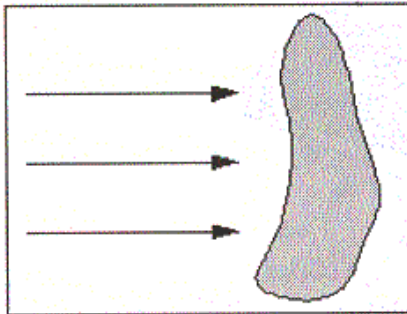


# ΔΙΠΛΩ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

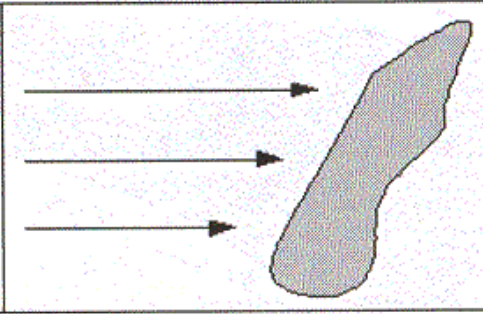
## ΑΝΕΜΟΣ

### Αξιολόγηση Διεύθυνσης Λοφοσειράς

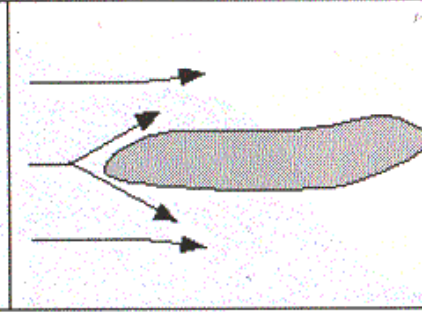
**A :** Κάθετη  
(η καλύτερη)



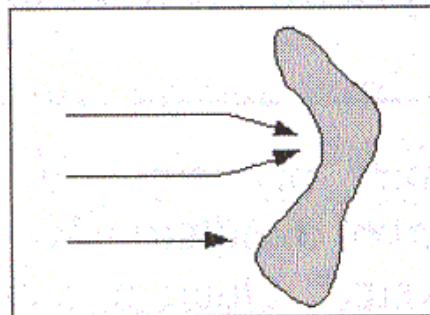
**B :** Πλάγια  
(καλή)



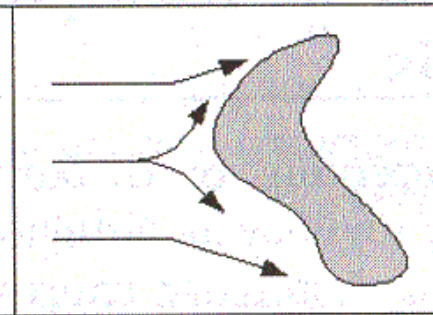
**C :** Παράλληλη  
(σχεδόν καλή)



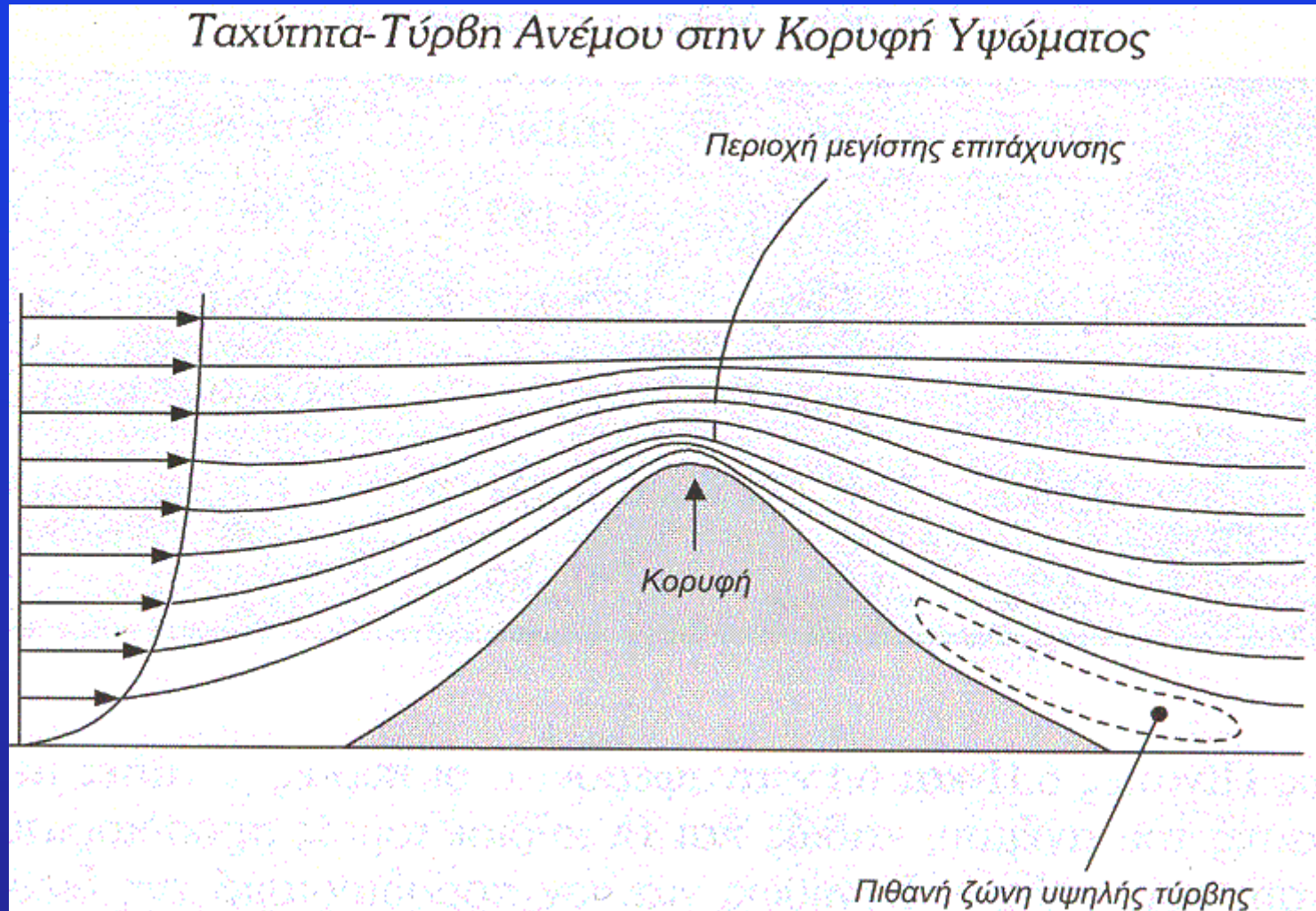
**D :** Κοίλη  
(κοίλη)



**E :** Κυρτή  
(λιγότερο επιθυμητή από κοίλη)



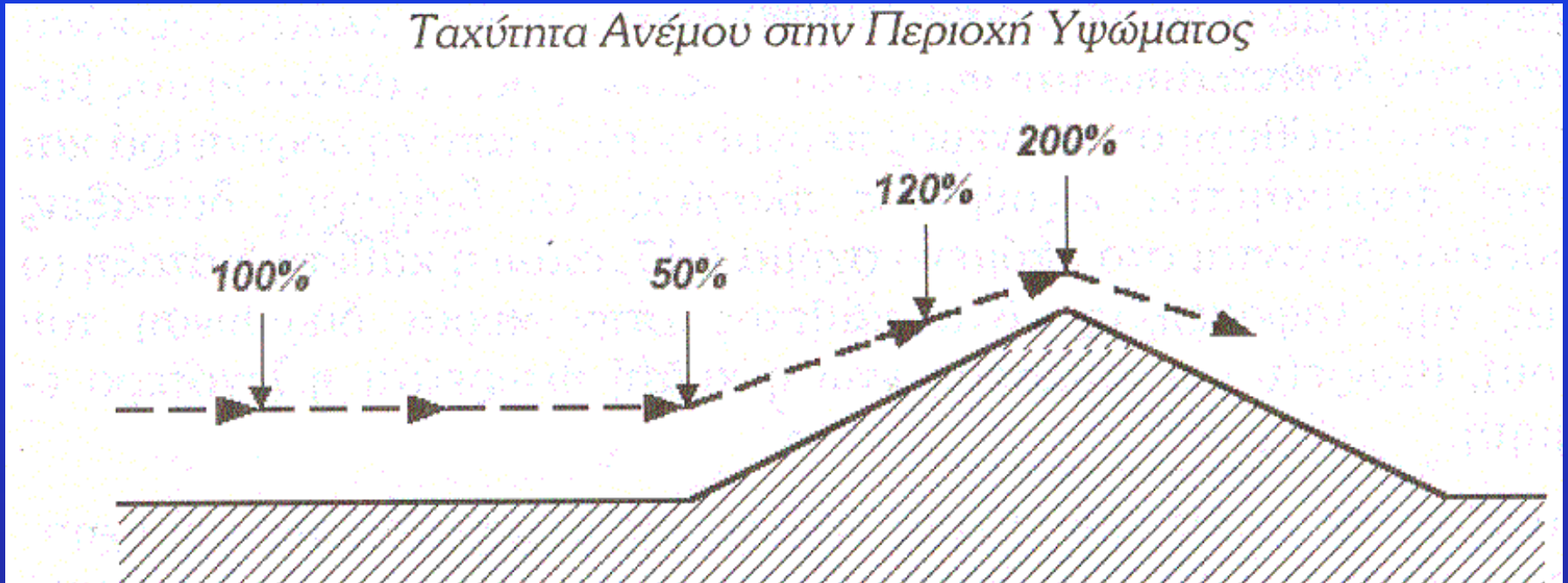
# ΔΙΠΛΩ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΜΟΣ



# ΔΙΠΛΩ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

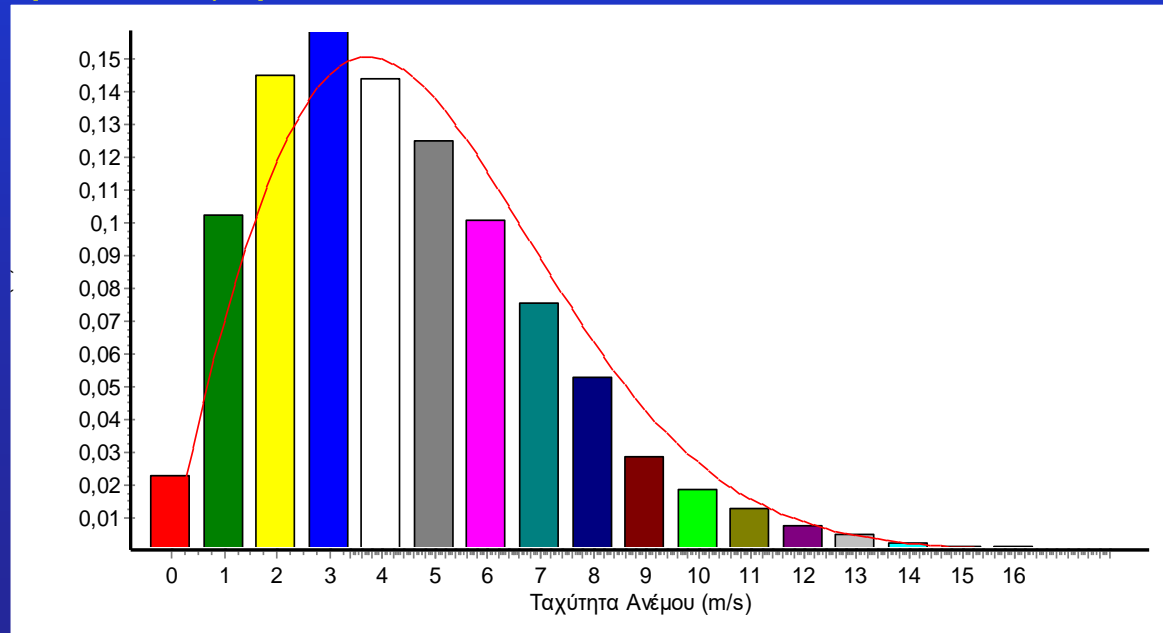
## ΑΝΕΜΟΣ

### Ταχύτητα Ανέμου στην Περιοχή Υψώματος



## Κατανομή Ταχυτήτων - Καμπύλη Weibull

Αν χωρίσουμε το εύρος των ταχυτήτων ανέμου σε διαστήματα ίσου εύρους (συνήθως 1 m/s, [0..1],[1..2],[n-1..n]) και μετρήσουμε της συχνότητες των παρατηρήσεων σε αυτά τα διαστήματα προκύπτει μια κατανομή των ταχυτήτων (ράβδοι στο γράφημα). Η κατανομή αυτή προσεγγίζεται πολύ καλά με την διπαραμετρική κατανομή **Weibull**.



Η σχέση που δίνει την κατανομή Weibull είναι:

$$P(V) = \frac{k}{C} \cdot \left(\frac{V}{C}\right)^{k-1} \cdot e^{-\left(\frac{V}{C}\right)^k}$$

C: Η παράμετρος κλίμακας της κατανομής, σχετίζεται με την μέση τιμή του ανέμου και μετριέται σε m/s

k: Η παράμετρος μορφής της κατανομής, σχετίζεται με την μορφή της κατανομής και είναι καθαρός αριθμός

Μέση τιμή ταχύτητας ανέμου:

$$V_m = C \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)$$

Διασπορά:

$$\sigma^2 = C^2 \cdot \left\{ \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) - \left[ \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \right]^2 \right\}$$

Όπου η συνάρτηση  $\Gamma$ :

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} t^{x-1} \cdot e^{-t} \cdot dt$$

## Υπολογισμός των $k, C$ της κατανομής Weibull

Από την καμπύλη διάρκειας της κατανομής Weibull

$$P(U \leq V) = e^{-\left(\frac{V}{C}\right)^k}$$

Λογαριθμίζοντας παίρνουμε:

$$\ln(P) = -\left(\frac{V}{C}\right)^k$$

και αν ξαναλογαριθμήσουμε:

$$\ln(-\ln(P)) = \ln\left(\frac{V}{C}\right)^k = k \cdot (\ln(V) - \ln(C)) = k \cdot \ln(V) - k \cdot \ln(C)$$

Εξισ. 1.

# ΔΙΠΜΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

## ΑΝΕΜΟΣ

Θέτοντας:

$$Y = \text{Ln}(-\text{Ln}(P))$$

$$X = \text{Ln}(V)$$

$$B = -k \text{Ln}(C)$$

Η εξίσωση (1) γίνεται :

$$Y = kX + B$$

Αν σχηματίσουμε από τα δεδομένα ένα πίνακα της μορφής:

$V_i$	$P(U \geq V_i)$
1	94,74%
2	86,18%
3	74,93%
4	63,14%
5	52,72%
...	...

μπορούμε να υπολογίσουμε τα  $k$  και  $B$  με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων και το  $C$  από τη σχέση:

$$C = e^{\left(\frac{B}{k}\right)}$$



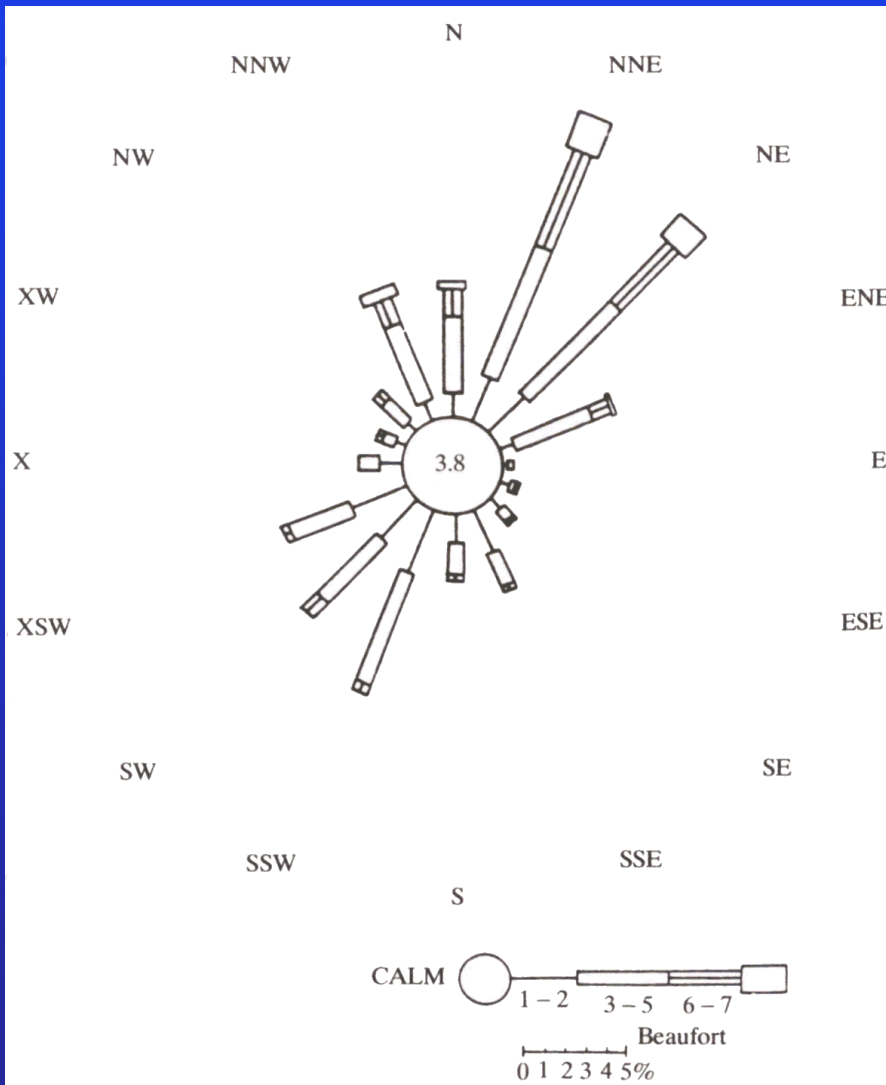
# ΔΙΠΜΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΜΟΣ

## Μετρήσεις Πυκνότητας Πιθανότητας



# ΔΙΠΛΩ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

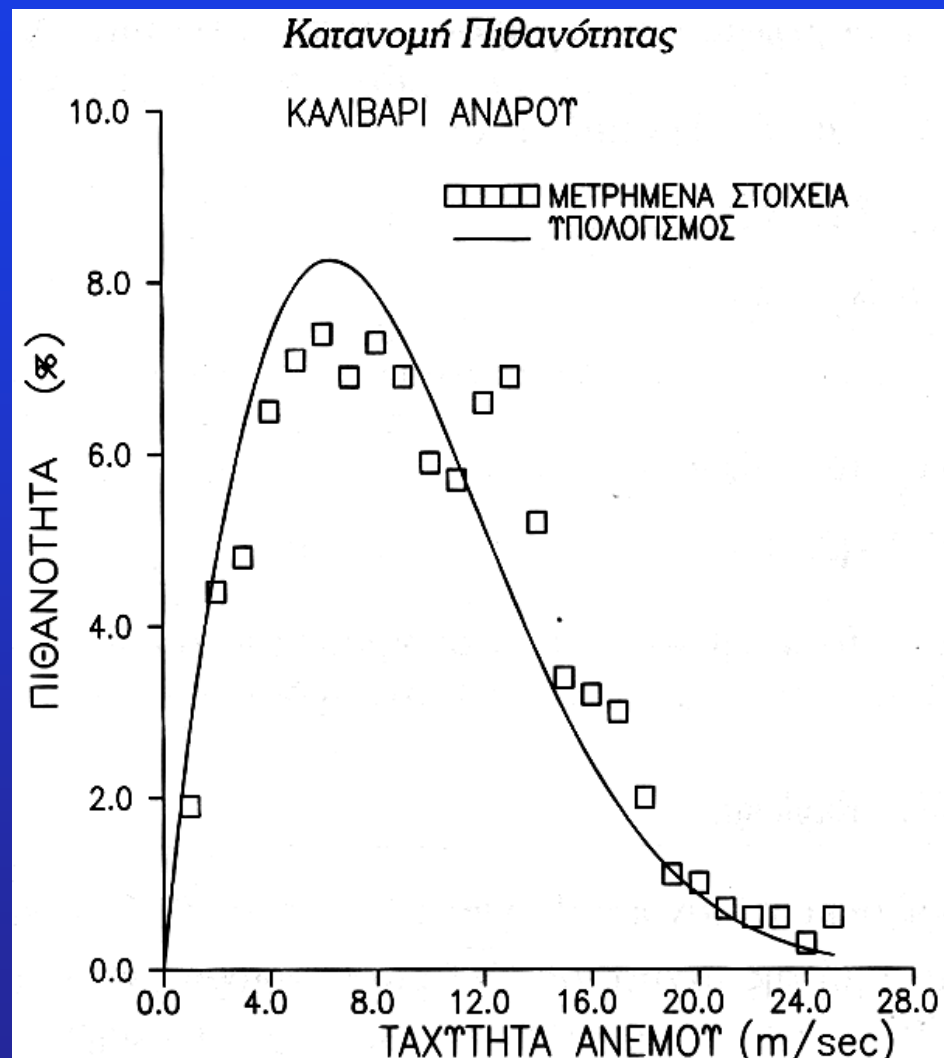
## ΑΝΕΜΟΣ



Ροδόγραμμα πνοής ανέμου  
(ΣΤΑΥΡΟΠΕΔΑ ΑΝΔΡΟΥ 1978).

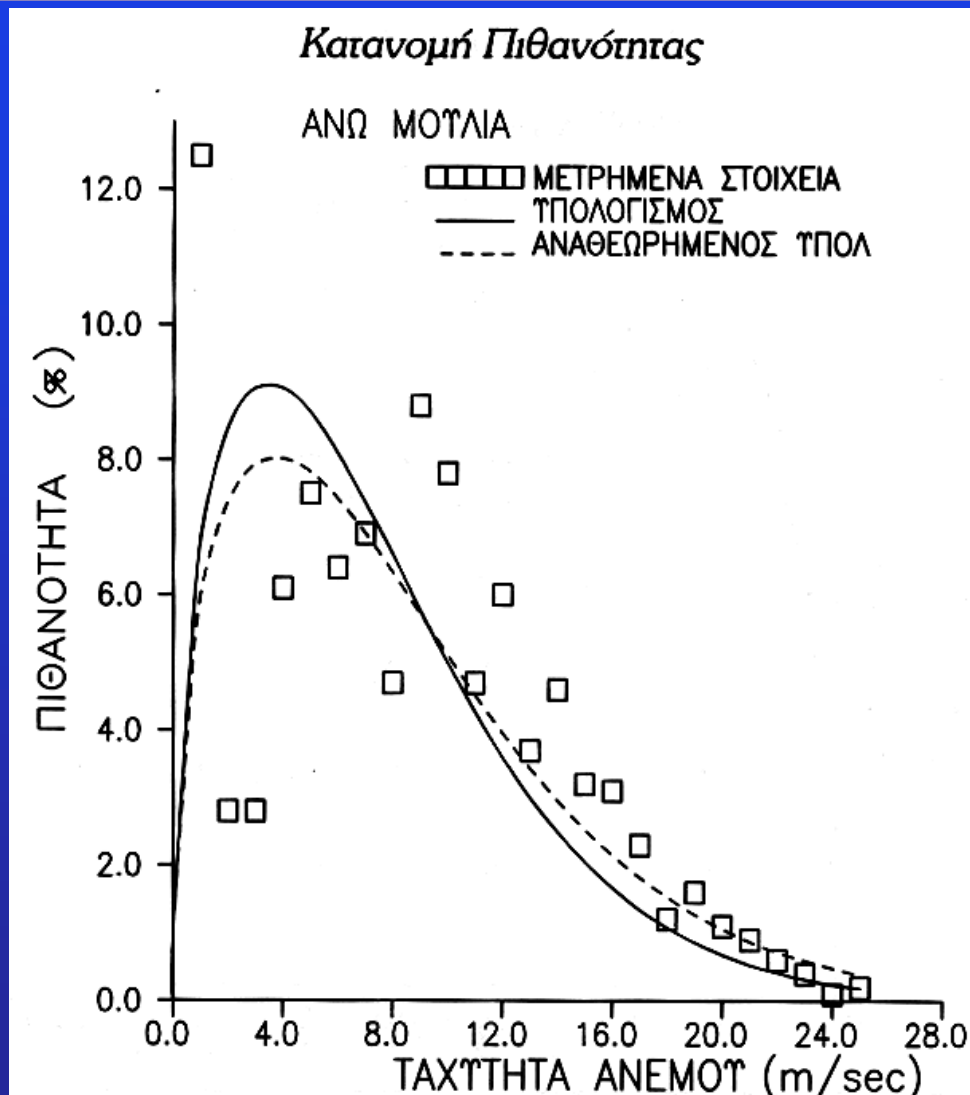
# ΔΙΠΜΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

## ΑΝΕΜΟΣ

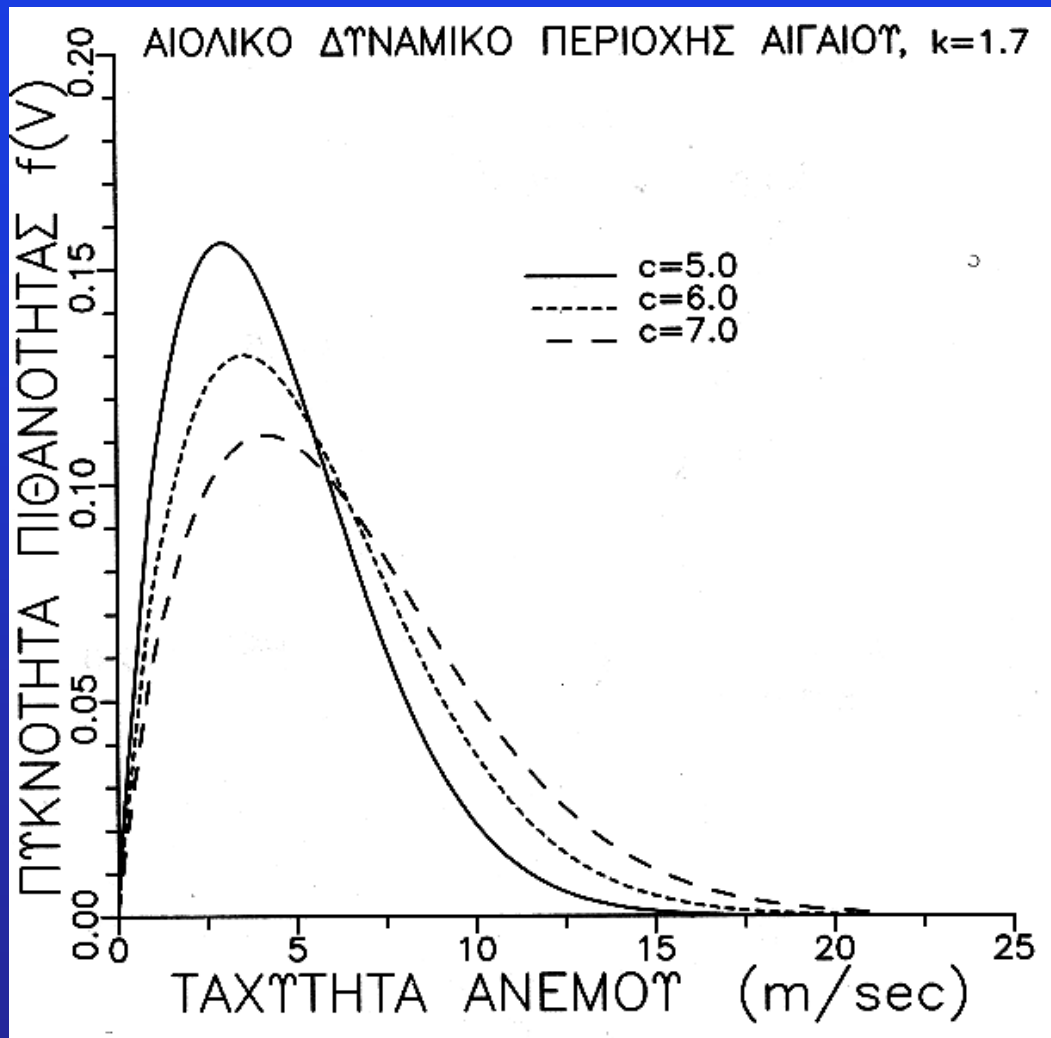


# ΔΙΠΜΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

## ΑΝΕΜΟΣ

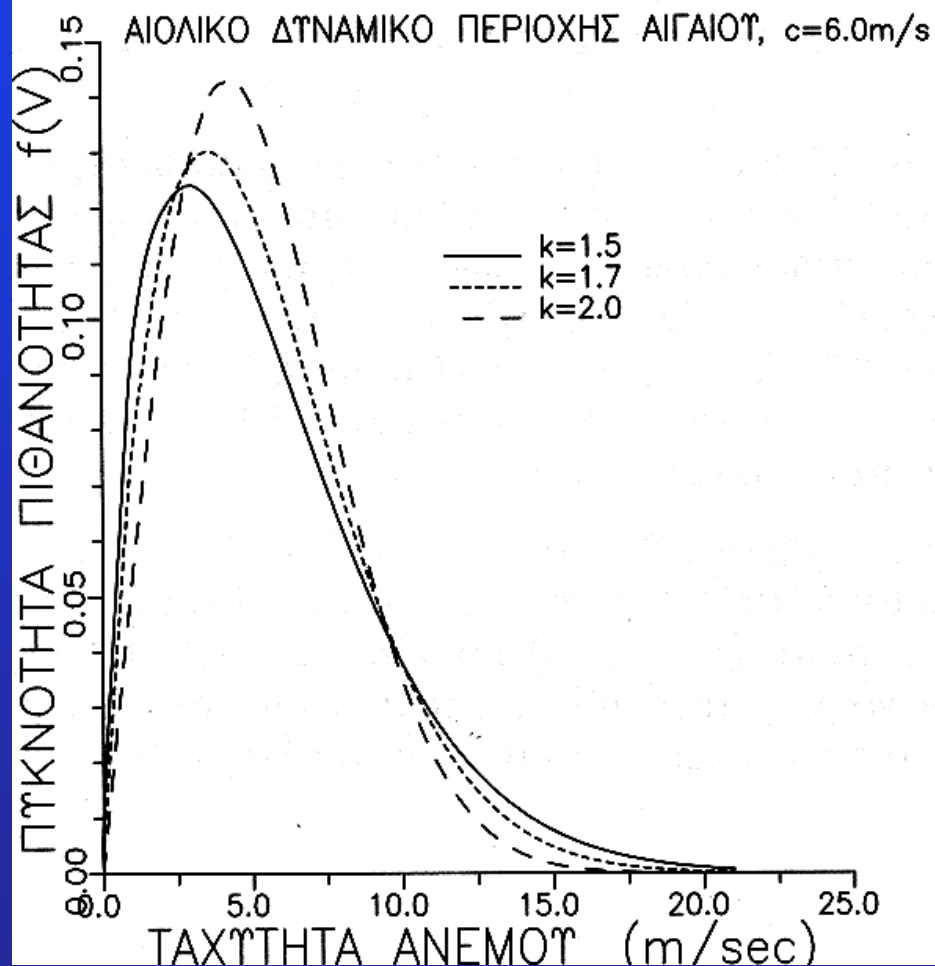


# ΔΙΠΛΩ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΜΟΣ



# ΔΙΠΜΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΜΟΣ

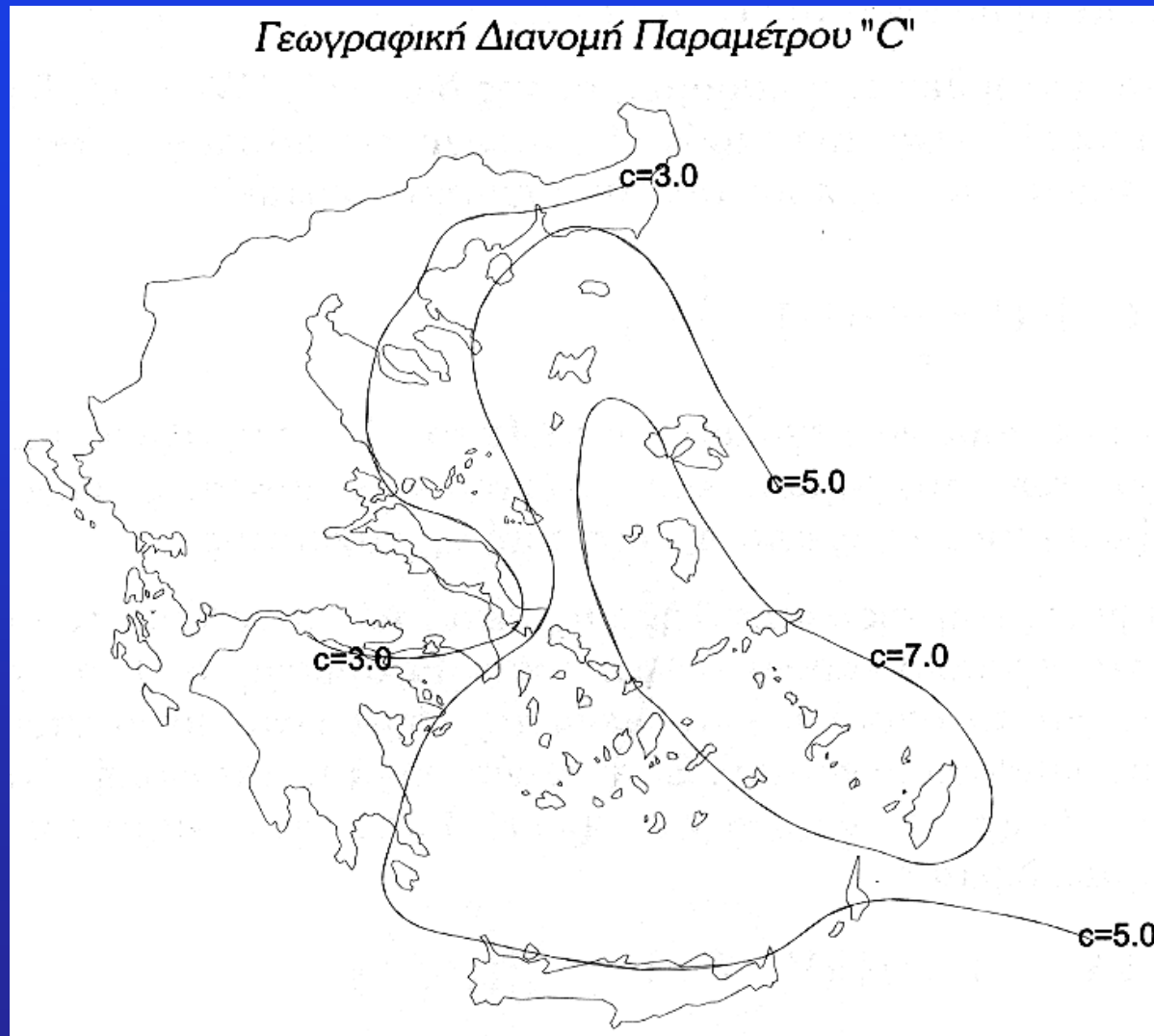
Επίδραση Παραμέτρου "k" στην εξίσωση (7.1)



# ΔΙΠΛΩ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

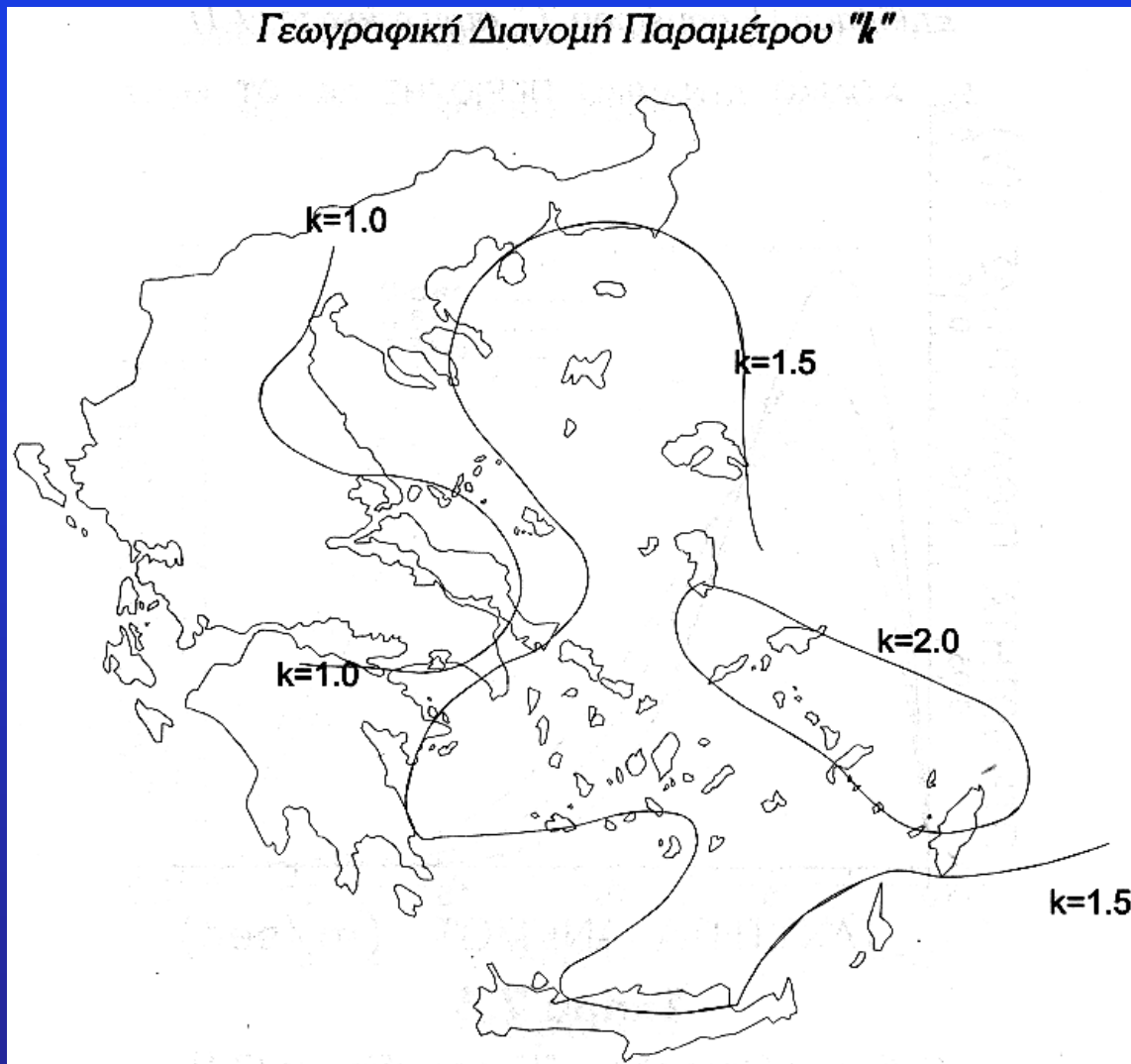
## ΑΝΕΜΟΣ

Γεωγραφική Διανομή Παραμέτρου "C"

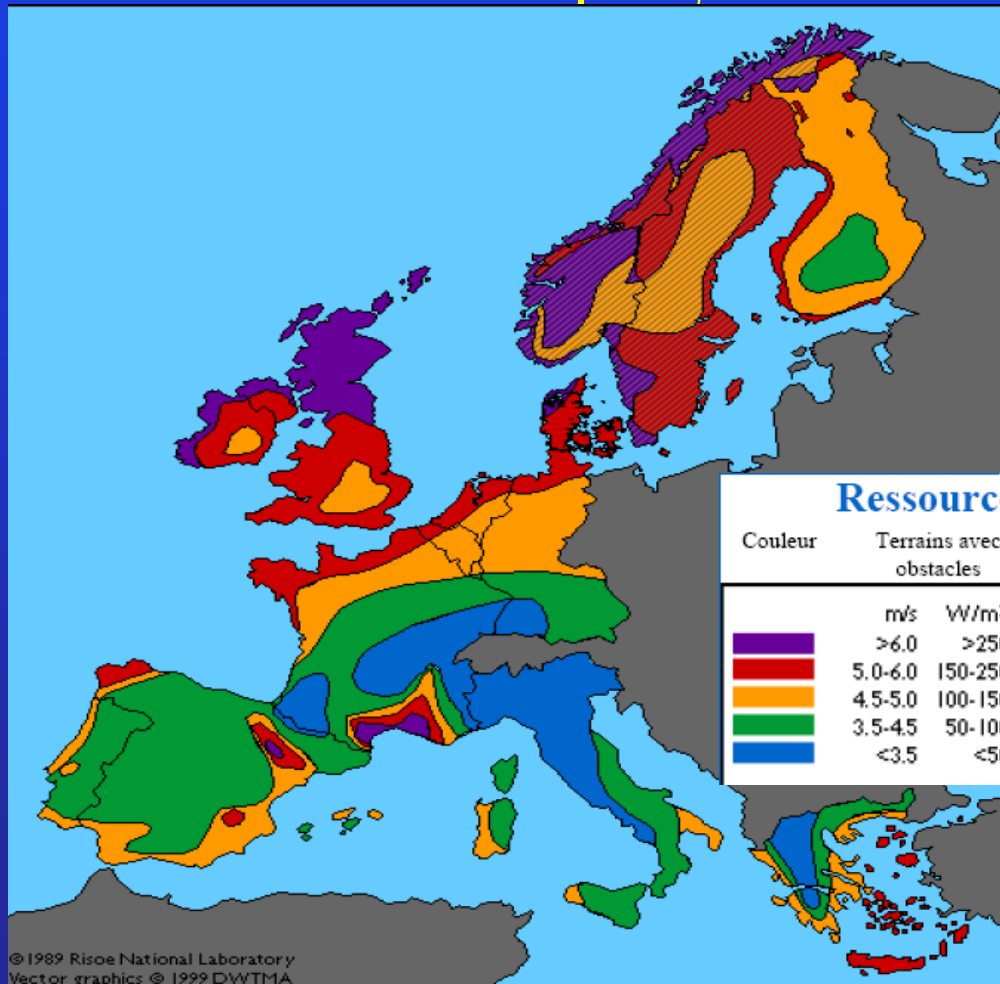


# ΔΙΠΜΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΜΟΣ

Γεωγραφική Διανομή Παραμέτρου "k"



## Χάρτες Αιολικού Δυναμικού



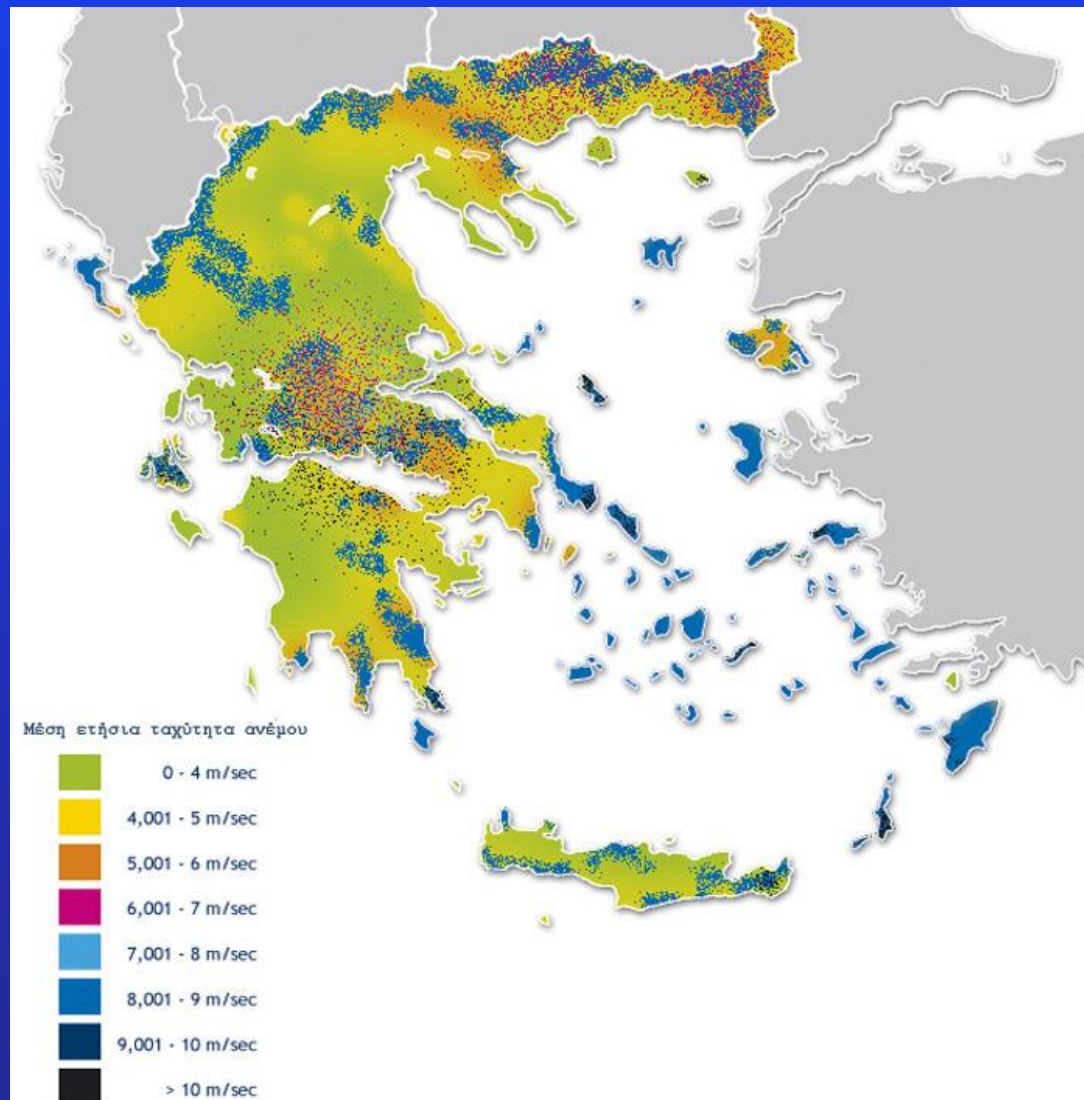
Ressources éoliennes à 50 (45) m au-dessus du terrain

Couleur	Terrains avec obstacles		Terrains dégagés		Au bord de la mer		Mer ouverte		Collines et crêtes de colline	
	m/s	W/m <sup>2</sup>	m/s	W/m <sup>2</sup>	m/s	W/m <sup>2</sup>	m/s	W/m <sup>2</sup>	m/s	W/m <sup>2</sup>
■ (Purple)	>6.0	>250	>7.5	>500	>8.5	>700	>9.0	>800	>11.5	>1800
■ (Red)	5.0-6.0	150-250	6.5-7.5	300-500	7.0-8.5	400-700	8.0-9.0	600-800	10.0-11.5	1200-1800
■ (Orange)	4.5-5.0	100-150	5.5-6.5	200-300	6.0-7.0	250-400	7.0-8.0	400-600	8.5-10.0	700-1200
■ (Green)	3.5-4.5	50-100	4.5-5.5	100-200	5.0-6.0	150-250	5.5-7.0	200-400	7.0-8.5	400-700
■ (Blue)	<3.5	<50	<4.5	<100	<5.0	<150	<5.5	<200	<7.0	<400

© 1989 Risoe National Laboratory  
Vector graphics © 1999 DWTMA

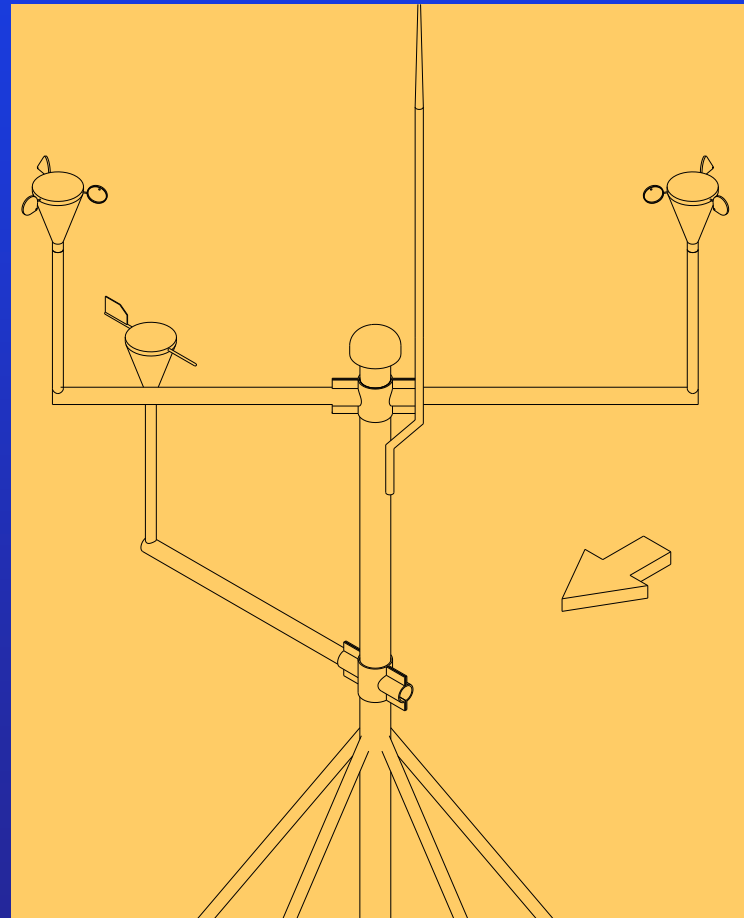


# ΔΙΠΜΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΜΟΣ

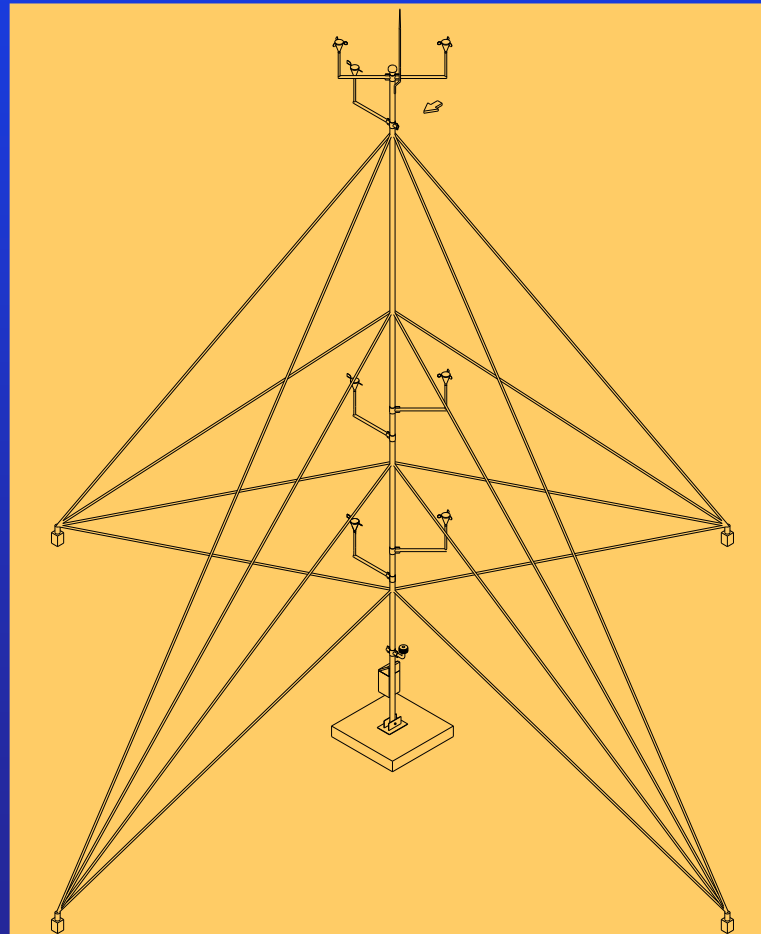




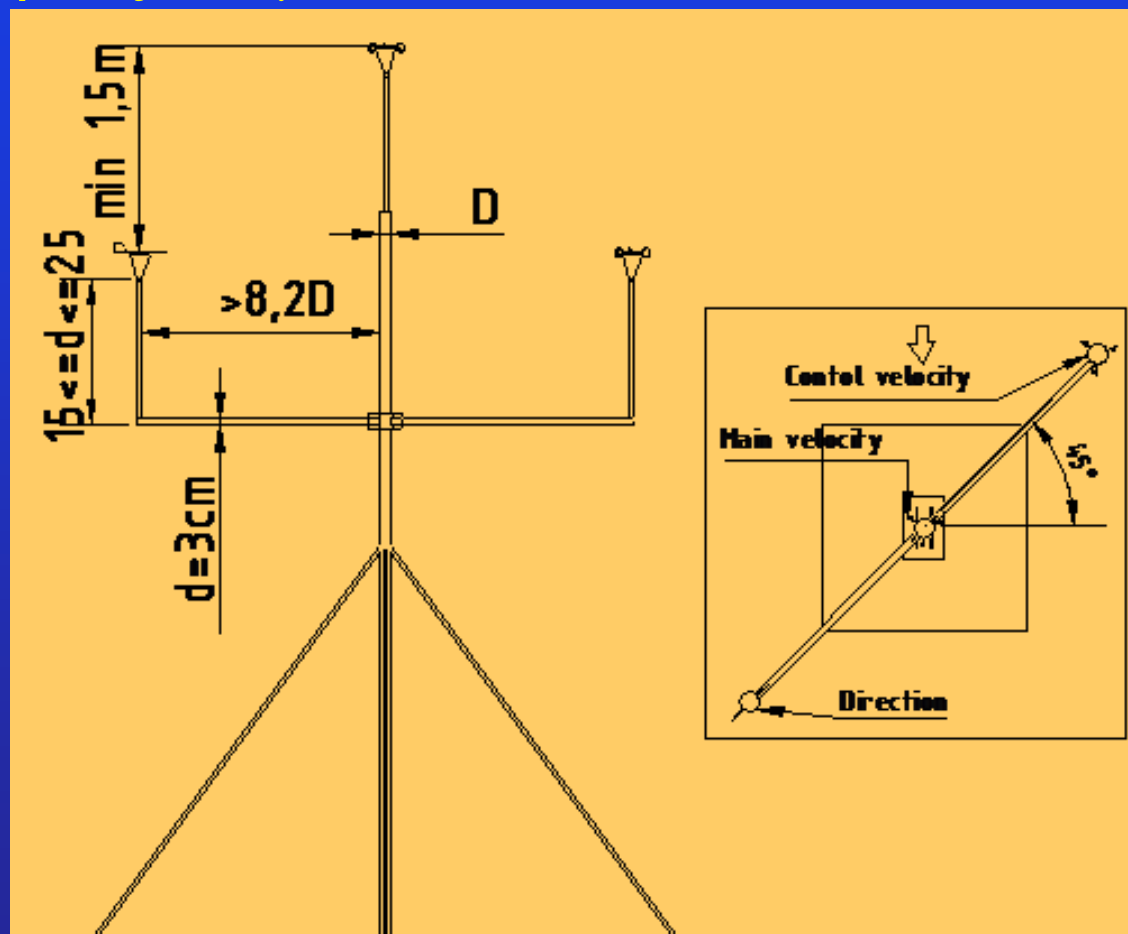
## Μετρήσεις ανέμου: IEC 61400-12-1:2005, Annex G



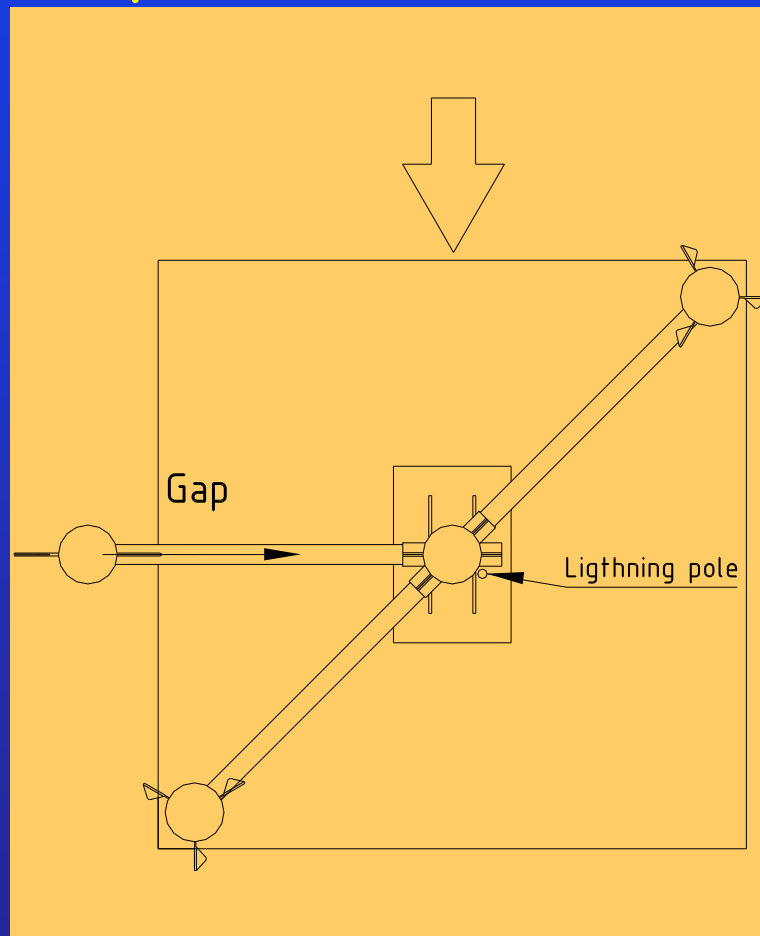
## Μετρήσεις ανέμου: IEC 61400-12-1:2005, Annex G



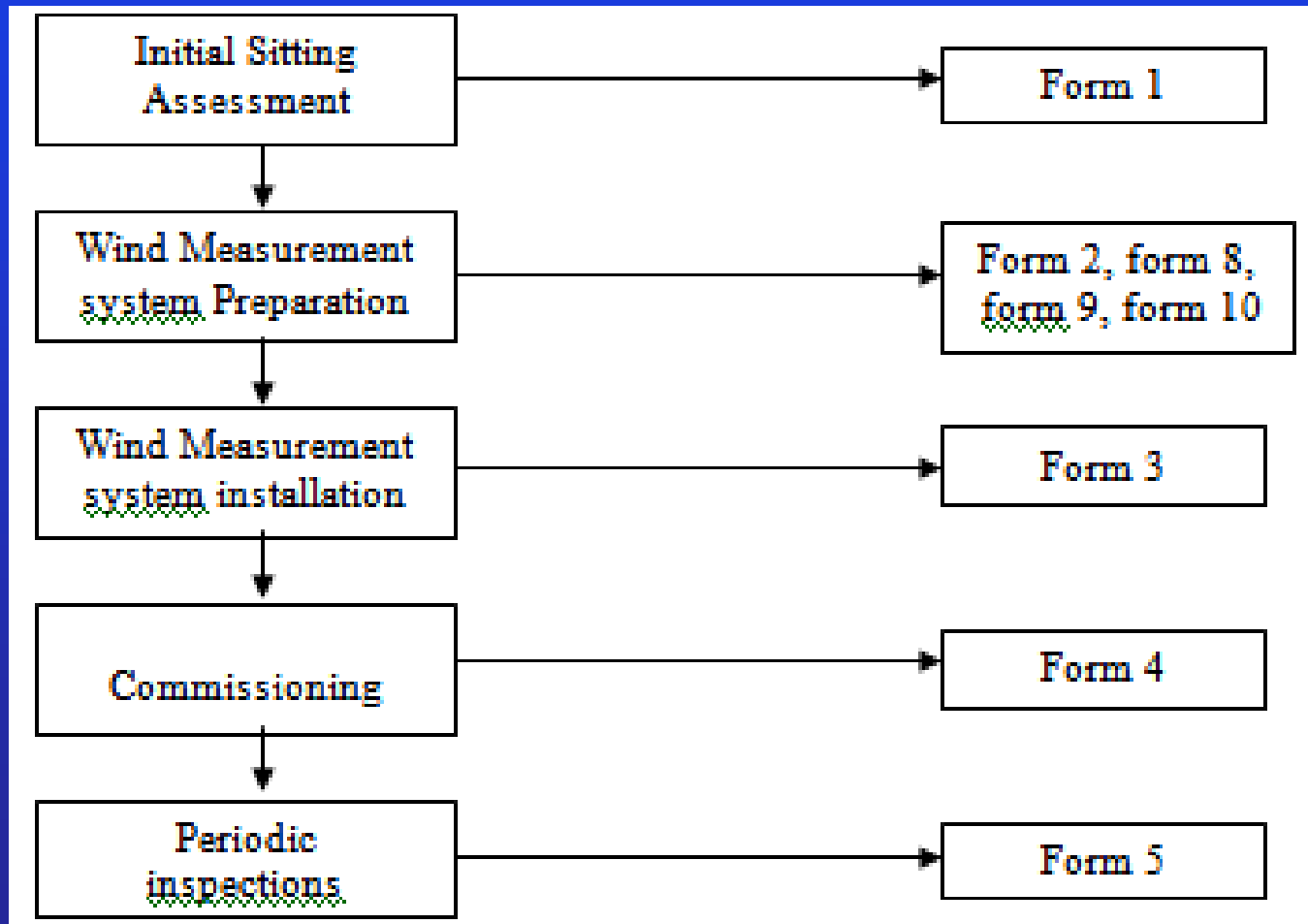
## Μετρήσεις ανέμου: IEC 61400-12-1:2005, Annex G



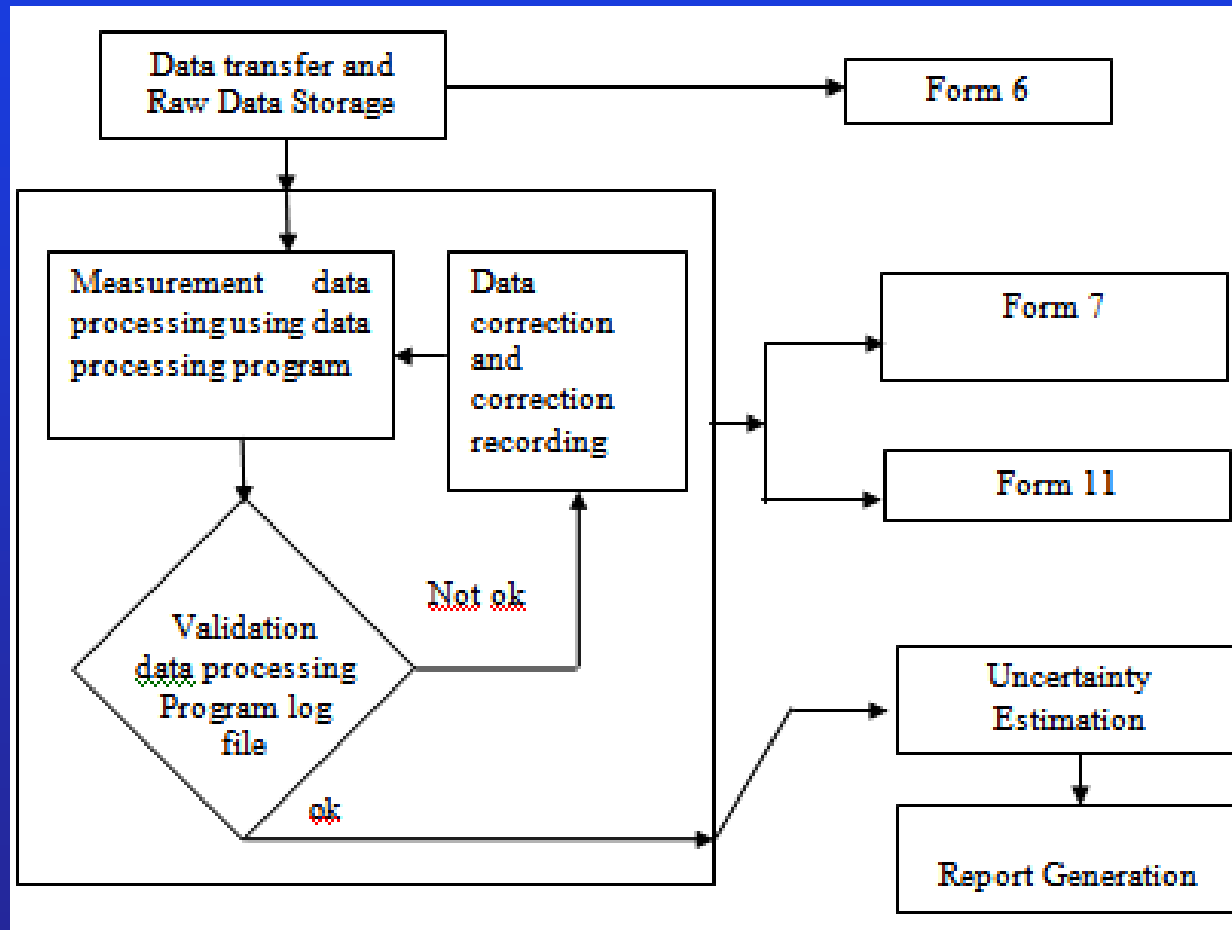
## Μετρήσεις ανέμου: IEC 61400-12-1:2005, Annex G



## Μετρήσεις ανέμου: IEC 61400-12-1:2005, Annex G



## Μετρήσεις ανέμου: IEC 61400-12-1:2005, Annex G



## Μετρήσεις ανέμου: IEC 61400-12-1:2005, Annex G

Το σύστημα συλλογής μετρήσεων αποθηκεύει, για κάθε μετρούμενο μέγεθος, κάθε 10 λεπτά, πηγαία δεδομένα:

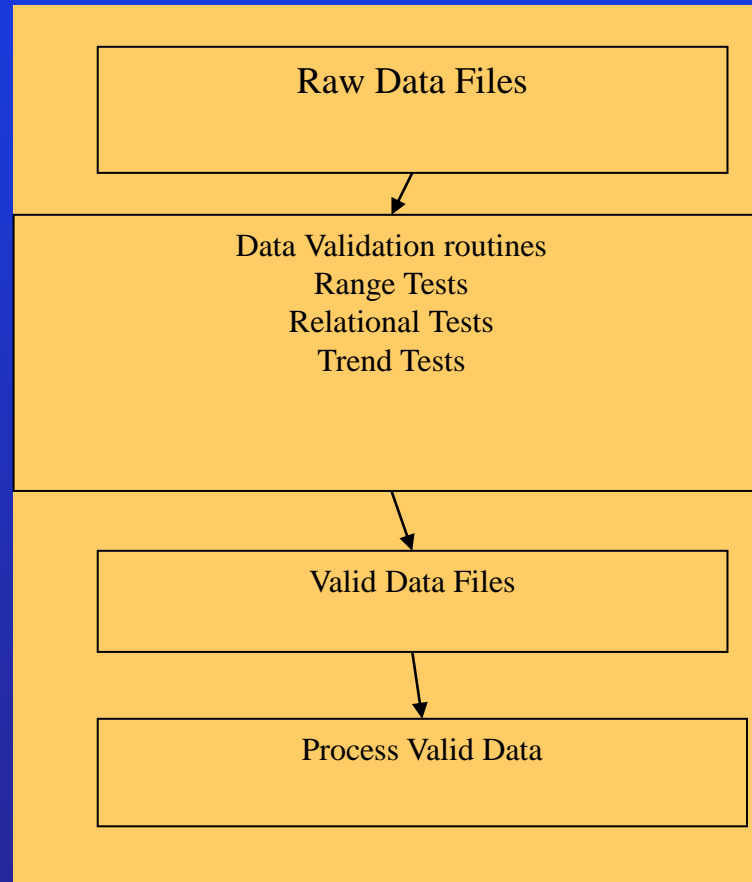
- Μέση τιμή
- Διασπορά μετρήσεων
- Μέγιστη τιμή
- Ελάχιστη τιμή



## Μετρήσεις ανέμου: IEC 61400-12-1:2005, Annex G

Επικύρωση τιμών:

ΕΜΠΕΙΡΟΓΝΩΜΟ  
ΝΑΣ



# ΔΙΠΜΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

## ΑΝΕΜΟΣ

Μετρήσεις ανέμου: IEC 61400-12-1:2005, Annex G

### Range tests

Wind	Speed	Test Criteria
<b>Horizontal</b>		
Average		$\text{offset} < \text{Avg} < 40 \text{ m/sec}$
Standard Deviation		$0 < \text{Std.Dev} < 5 \text{ m/sec}$
Maximum Gust		$\text{offset} < \text{Max} < 80 \text{ m/sec}$
<b>Wind Direction</b>		
Average		$0^\circ < \text{Avg} < 360^\circ$
Standard Deviation		$3^\circ < \text{Std.Dev} < 75^\circ$
Maximum gust		$0^\circ < \text{Max} < 360^\circ$
<b>Temperature</b>		
Seasonal Variability		$-10^\circ\text{C} < \text{Avg} < 45^\circ\text{C}$



Μετρήσεις ανέμου: IEC 61400-12-1:2005, Annex G

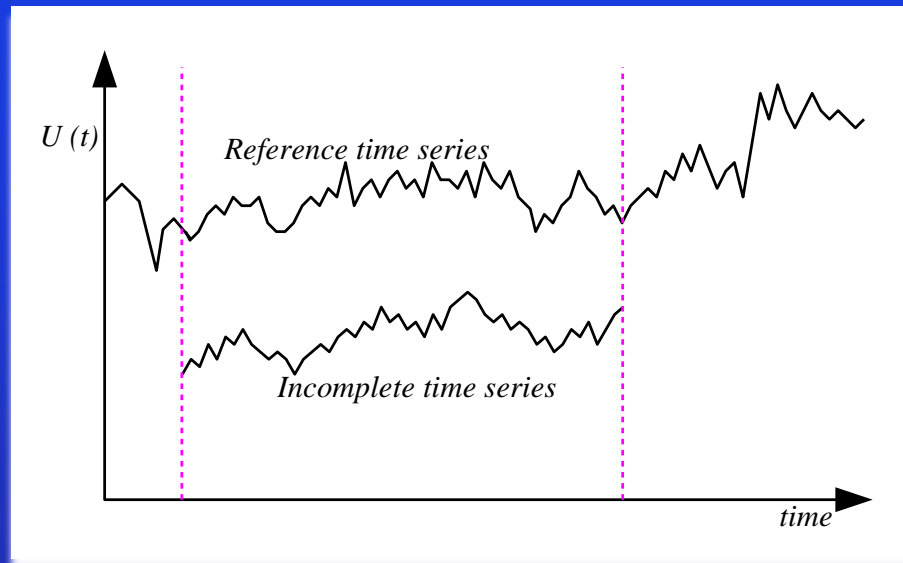
Relational tests:

Wind Speed Horizontal	Validation Criteria
Max Gust vs. Average	Max Gust 2.5 *Avg
40m / 20m Average $\Delta$	2 m /sec
40m / 10m Average $\Delta$	4 m /sec
<b>Wind Speed Redundant for 10m</b>	
Average $\Delta$	0.5 m/sec
Maximum $\Delta$	2.0 m/sec
<b>Wind Direction</b>	
40m / 25m Average $\Delta$	20°

## Trend Test Criteria

<b>Wind Speed Average</b>	<b>value</b>
- 1 hour change	6.0 m/s
<b>Temperature Average</b>	
- 1 hour change	5.0 °C

## Συσχέτιση Ανεμολογικών Δεδομένων



Χρησιμοποιείται για:

- την αξιολόγηση του Α/Δ δύο περιοχών
- Την συμπλήρωση (παρεμβολή) ανεμολογικών δεδομένων από γειτονικό ανεμογράφο με παραπλήσια χαρακτηριστικά
- Την πρόβλεψη του Α/Δ σε μακροχρόνια βάση

## Συσχέτιση Ανεμολογικών Δεδομένων

Η απλή γραμμική παλινδρόμηση (simple linear regression) είναι μια μέθοδος, που μπορεί να προσδιορίσει ποσοτικά τη συγκεκριμένη γραμμική σχέση μεταξύ μιας εξαρτημένης μεταβλητής  $Y$  και μιας ανεξάρτητης μεταβλητής  $X$ , η οποία επηρεάζει την εξαρτημένη μεταβλητή  $Y$ .

Για ταυτόχρονα δεδομένα ισχύει η ακόλουθη γραμμή συσχέτισης:

$$y = ax + b$$

ή

$$Vs = aVp + \beta,$$

όπου  $Vs = y$

και  $Vp = x$

$\alpha$ :

η εξαρτημένη μεταβλητή

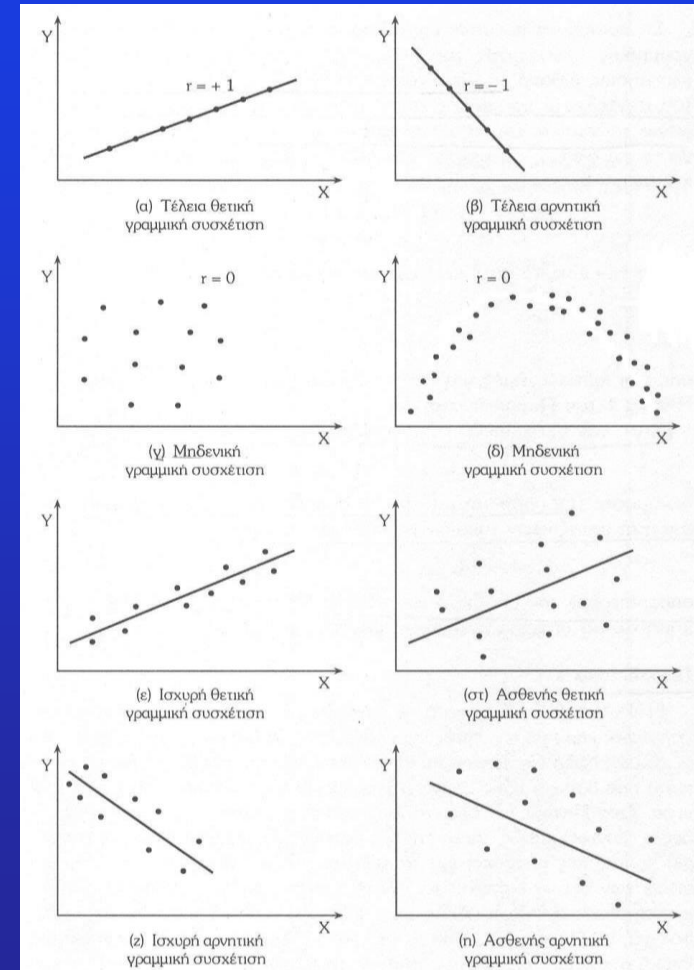
η ανεξάρτητη μεταβλητή

η κλίση

και

$\beta$ :

η μετατόπιση της



## Συσχέτιση Ανεμολογικών Δεδομένων

$$\alpha = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum (x - \bar{x})^2}$$

Συντελεστής Συσχέτισης

$$\beta = \bar{y} - \alpha \bar{x}$$

Συντελεστής Προσδιορισμού

$$R = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

$$R^2 = R \times R$$

Δύο χρονοσειρές, λέμε ότι εμφανίζουν καλό βαθμό συσχέτισης όταν  $R^2 \geq 0,85$