

Εργαστήριο Κατεύθυνσης
Φυσικής Περιβάλλοντος - Μετεωρολογίας

ΑΣΚΗΣΗ 2

ΚΑΤΑΤΟΜΗ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ ΜΕ ΤΟ ΥΨΟΣ

Ατμοσφαιρικός αέρας

Ο ατμοσφαιρικός αέρας που περιβάλλει τη Γη βρίσκεται σε συνεχή κίνηση λόγω:

- της ηλιακής ακτινοβολίας
- της ανομοιογένειας του ανάγλυφου του εδάφους
- της περιστροφικής κίνησης της Γης

Άνεμος

Οι οριζόντιες μετακινήσεις του ατμοσφαιρικού αέρα χαρακτηρίζονται ως άνεμος.

Ο άνεμος στα επιφανειακά στρώματα της ατμόσφαιρας παρουσιάζει πολλές μεταβολές στη διεύθυνση και στην ένταση λόγω:

- κατακόρυφης θερμοβαθμίδας
- τριβής με το ανάγλυφο του εδάφους

Ατμοσφαιρικό Οριακό Στρώμα (ΑΟΣ)

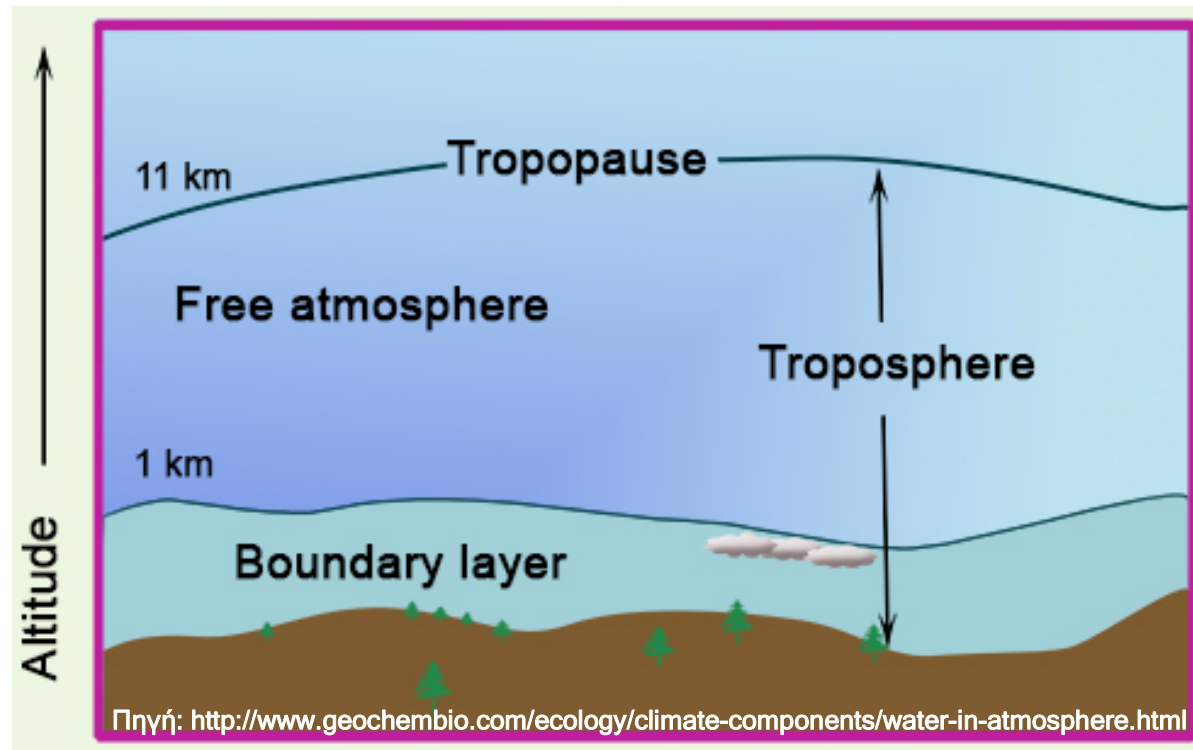
Atmospheric Boundary Layer

ΑΟΣ είναι το κατώτερο τμήμα της τροπόσφαιρας το οποίο συνορεύει και επηρεάζεται άμεσα από την παρουσία της επιφάνειας της Γης.

δηλαδή

ΑΟΣ είναι το στρώμα κοντά στην επιφάνεια που επηρεάζεται από την τριβή (αναταράξεις).

~ 1000 m



Κατατομή (προφίλ) του ανέμου με το ύψος

Εκφράζει τις μεταβολές της ταχύτητας του ανέμου καθ' ύψος.

και

Επηρεάζεται άμεσα από τη φύση του εδάφους.

Νόμος λογαριθμικού προφίλ διορθωμένος ώστε να περιλαμβάνει την επίδραση της ατμοσφαιρικής ευστάθειας μέσα στο ΑΟΣ

Ταχύτητα ανέμου
σε ύψος z

Ταχύτητα
τριβής

Επίπεδο μηδενικής
μετατόπισης

$$V(z) = \frac{u_*}{k} \left[\ln \left(\frac{z-d}{z_0} \right) - \psi((z-d)/L) \right]$$

Σταθερά von
Karman (0.4)

Μήκος
τραχύτητας
εδάφους

Όρος
ευστάθειας

Μήκος
Monin-Obukhov

Επίπεδο μηδενικής μετατόπισης (d)

Το ύψος πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, όπου η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι μηδενική, εξ' αιτίας της ύπαρξης εμποδίων στη ροή του ανέμου (π.χ. δέντρα, κτήρια κλπ)

- Φτάνει $\sim 2/3$ του μέσου ύψους των εμποδίων (h_R).
- Αν η πυκνότητα των εμποδίων είναι μεγάλη τότε $d = h_R$.

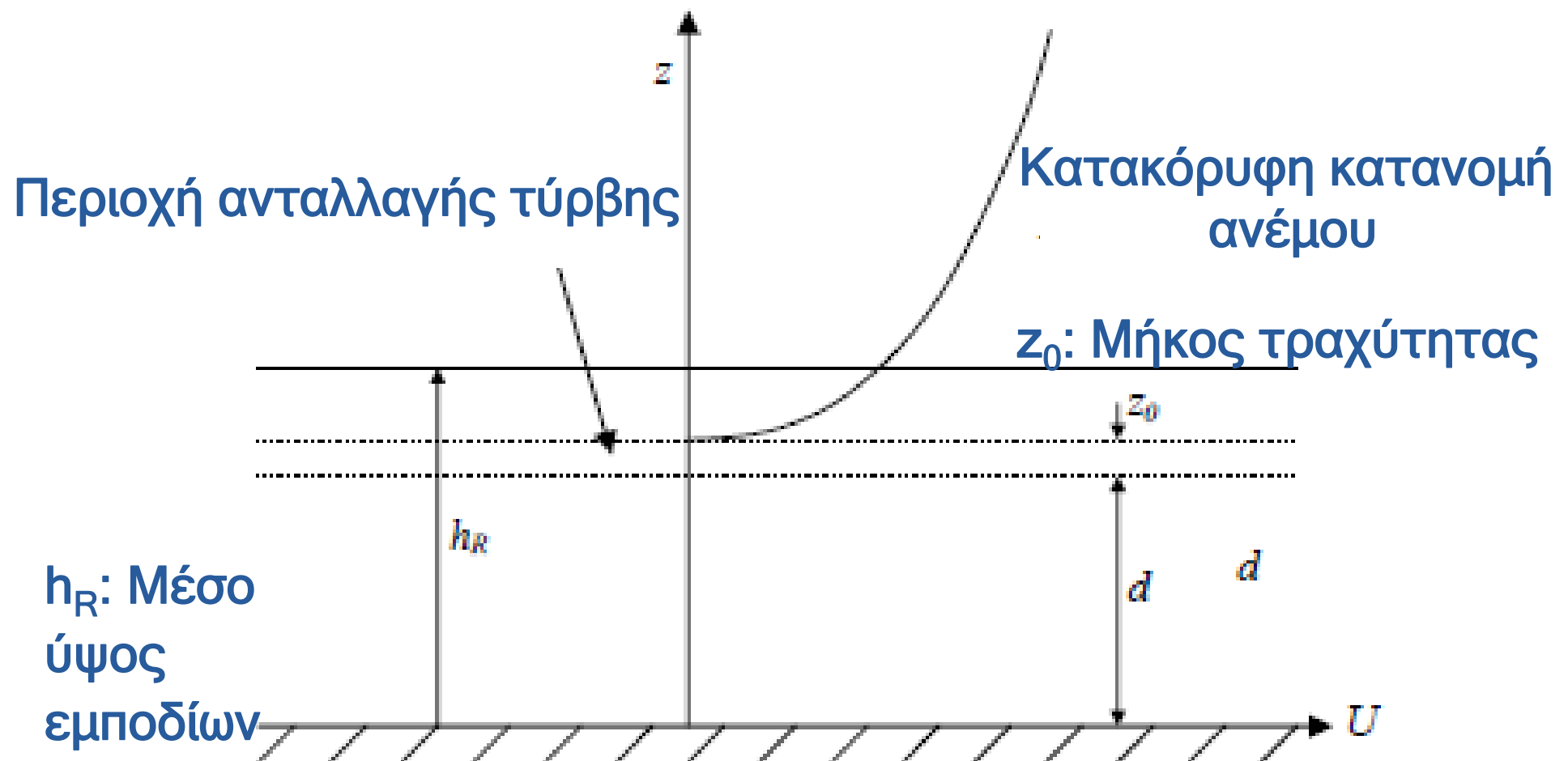
Μήκος τραχύτητας (z_0)

Το ύψος πάνω από το επίπεδο μηδενικής μετατόπισης (d) στο οποίο η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι μηδέν.

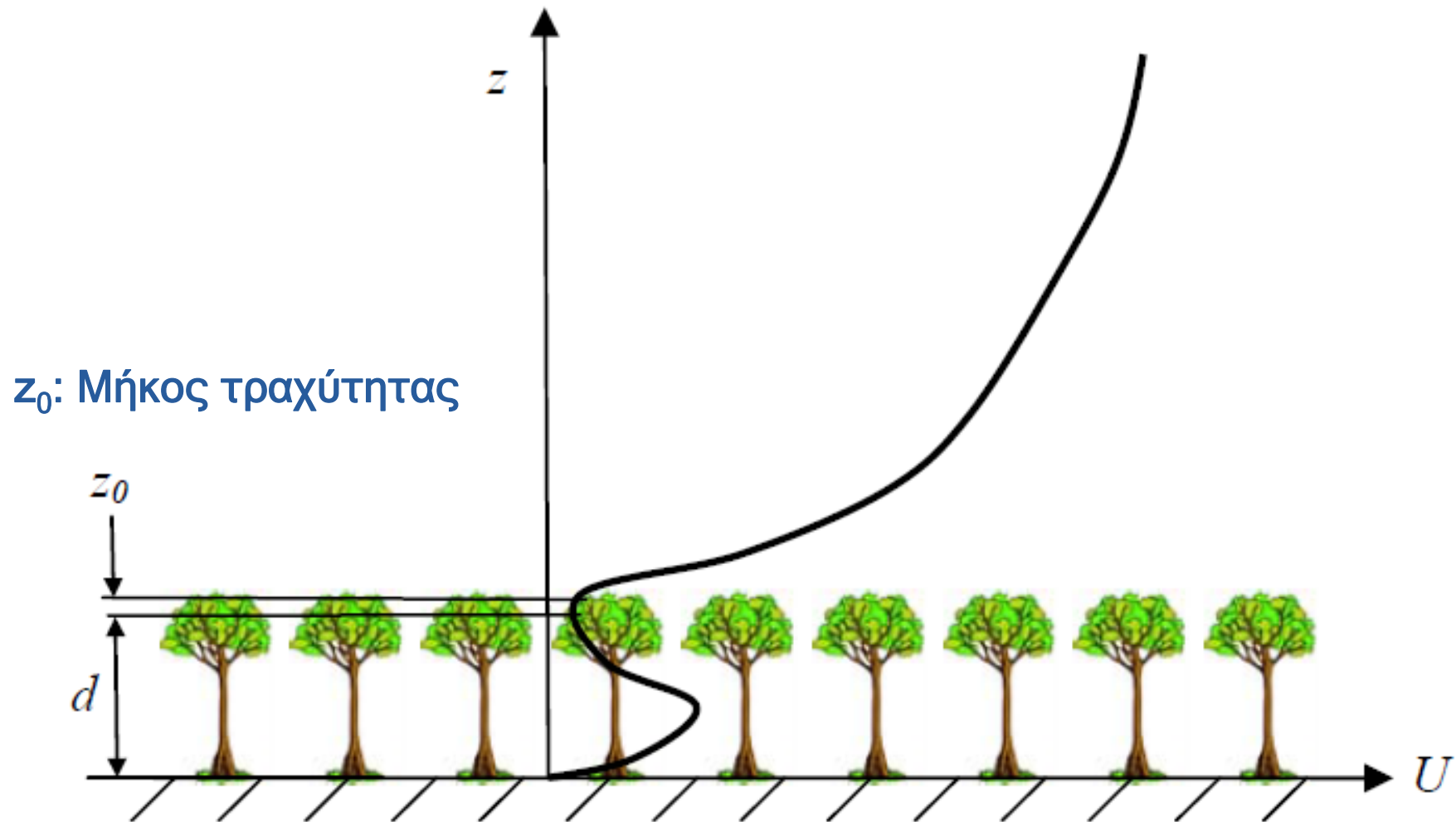
Διορθωτικός όρος, ο οποίος εκφράζει την επίδραση της τραχύτητας της επιφάνειας στη ροή του ανέμου.

Περιοχή	Μήκος τραχύτητας (z_0 , σε μέτρα)
Μη αστικές περιοχές (χωριά, αγροτόσπιτα, αγροτικές περιοχές)	0.2 - 0.6
<i>Ημιαστικές περιοχές</i>	
Χαμηλής πυκνότητας δόμηση	0.4 - 1.2
Πυκνοκατοικημένες περιοχές	0.8 - 1.8
<i>Αστικές περιοχές</i>	
Πυκνοκατοικημένες περιοχές	1.5 - 2.5

Λογαριθμική κατανομή του ανέμου με το ύψος



Λογαριθμική κατανομή του ανέμου με το ύψος σε περιοχές με βλάστηση



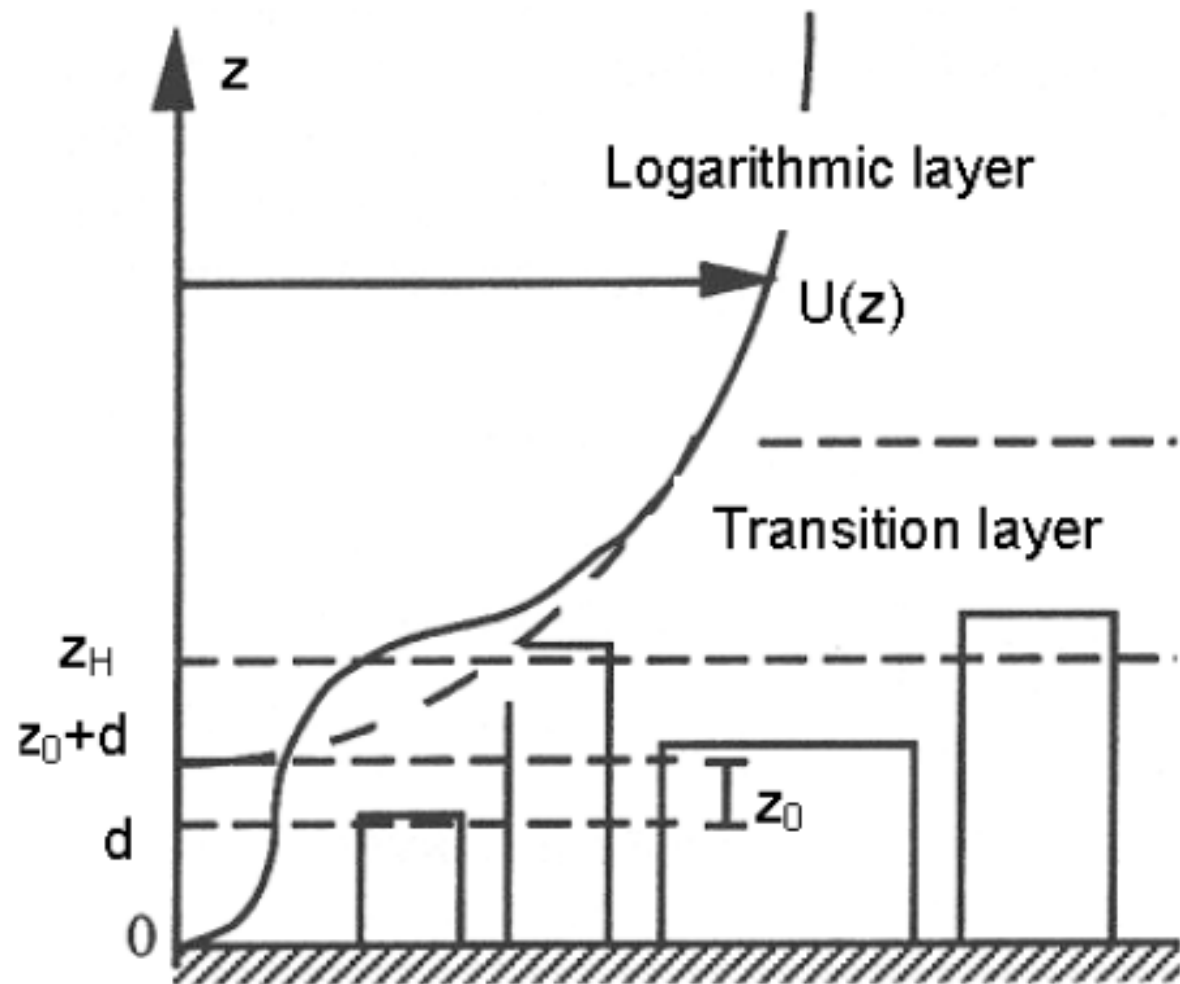
z_0 : Μήκος τραχύτητας

d : Επίπεδο μηδενικής μετατόπισης

Πηγή: Stangroom P., 2004: 'CFD Modelling of wind flow over terrain', PhD thesis, University of Nottingham

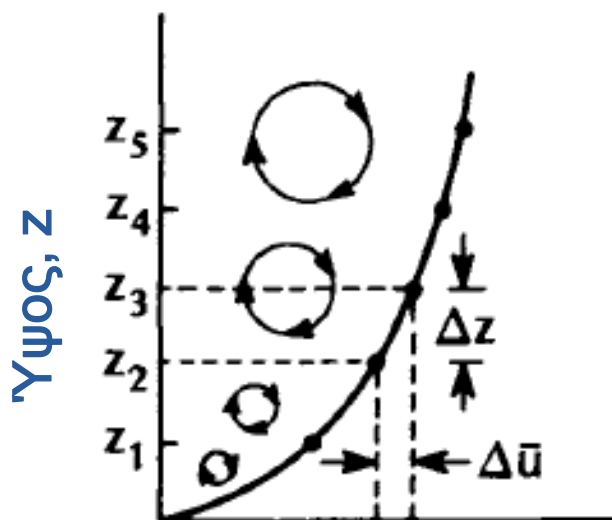
Λογαριθμική κατανομή του ανέμου με το ύψος σε περιοχές με κτήρια

z_H : Μέσο ύψος εμποδίων
 z_0 : Μήκος τραχύτητας
 d : Επίπεδο μηδενικής
μετατόπισης

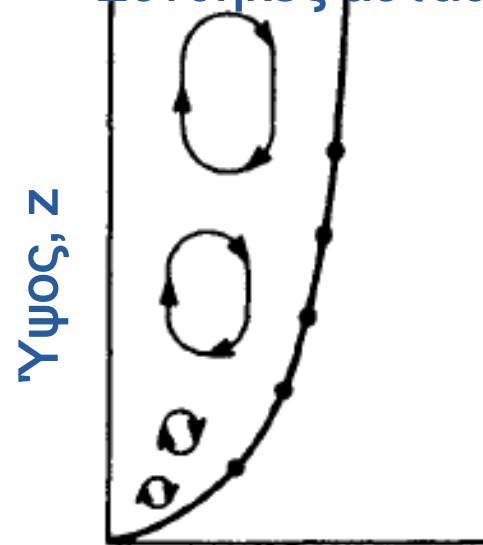


Επίδραση της ατμοσφαιρικής ευστάθειας

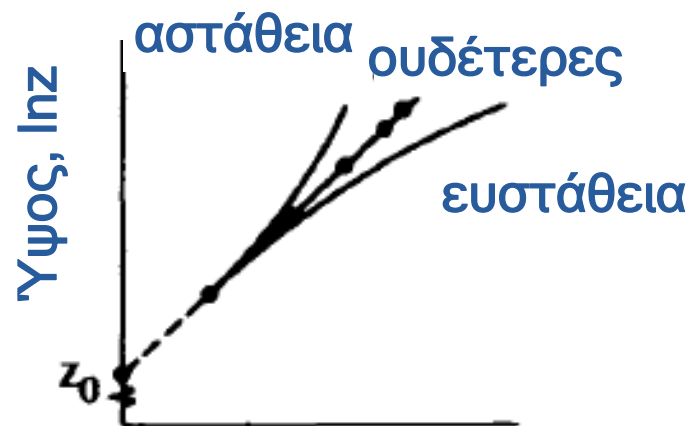
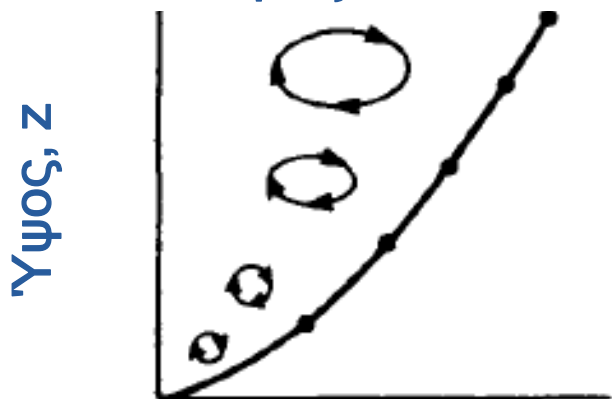
Ουδέτερες συνθήκες



Συνθήκες αστάθειας



Συνθήκες ευστάθειας



Νόμος λογαριθμικού προφίλ διορθωμένος ώστε να περιλαμβάνει την επίδραση της ατμοσφαιρικής ευστάθειας μέσα στο ΑΟΣ

$$V(z) = \frac{u_*}{k} \left[\ln \left(\frac{z-d}{z_0} \right) - \psi((z-d)/L) \right]$$

Για ουδέτερες ατμοσφαιρικές συνθήκες $\psi((z-d)/L) = 0$

Λογαριθμικός νόμος

$$V(z) = \frac{u_*}{k} \ln \left(\frac{z-d}{z_0} \right)$$

Λογαριθμικός νόμος (ουδέτερες συνθήκες)

$$V(z) = \frac{u_*}{k} \ln\left(\frac{z-d}{z_0}\right) \longrightarrow \ln(z-d) = \frac{V(z)}{2.5u_*} + \ln(z_0)$$

$$y = a \cdot x + b$$

u_* : ταχύτητα τριβής (m/s)

$$y = \ln(z - d)$$

Συνήθως εκφράζεται ως
αδιάστατο μέγεθος

$$x = V(z)$$

$$a = 1/2.5u_*$$

$$u_* / V(z=10)$$

$$b = \ln(z_0)$$

Λογαριθμικός νόμος (ουδέτερες συνθήκες)

Αν z_0 γνωστό καθώς και η ταχύτητα σε ένα ύψος z_1 , χρησιμοποιούμε το λογαριθμικό προφίλ για να υπολογίσουμε την ταχύτητα σε ένα άλλο ύψος z_2 (θεωρούμε $d = 0$)

$$V(z_2) = V(z_1) \frac{\ln\left(\frac{z_2}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_1}{z_0}\right)}$$

Εκθετικός νόμος (ουδέτερες συνθήκες)

$$\frac{V(z_2)}{V(z_1)} = \left(\frac{z_2 - d}{z_1 - d} \right)^\alpha$$

- Το d προσεγγιστικά λαμβάνεται μηδέν
- Ο εκθέτης α εξαρτάται από την ευστάθεια της ατμόσφαιρας και το μήκος τραχύτητας z_0
- $\alpha = 0.15$ αγροτικές περιοχές
- $\alpha = 0.28$ προάστια
- $\alpha = 0.45$ στο κέντρο πόλης

Εκθετικός νόμος ή λογαριθμικός νόμος

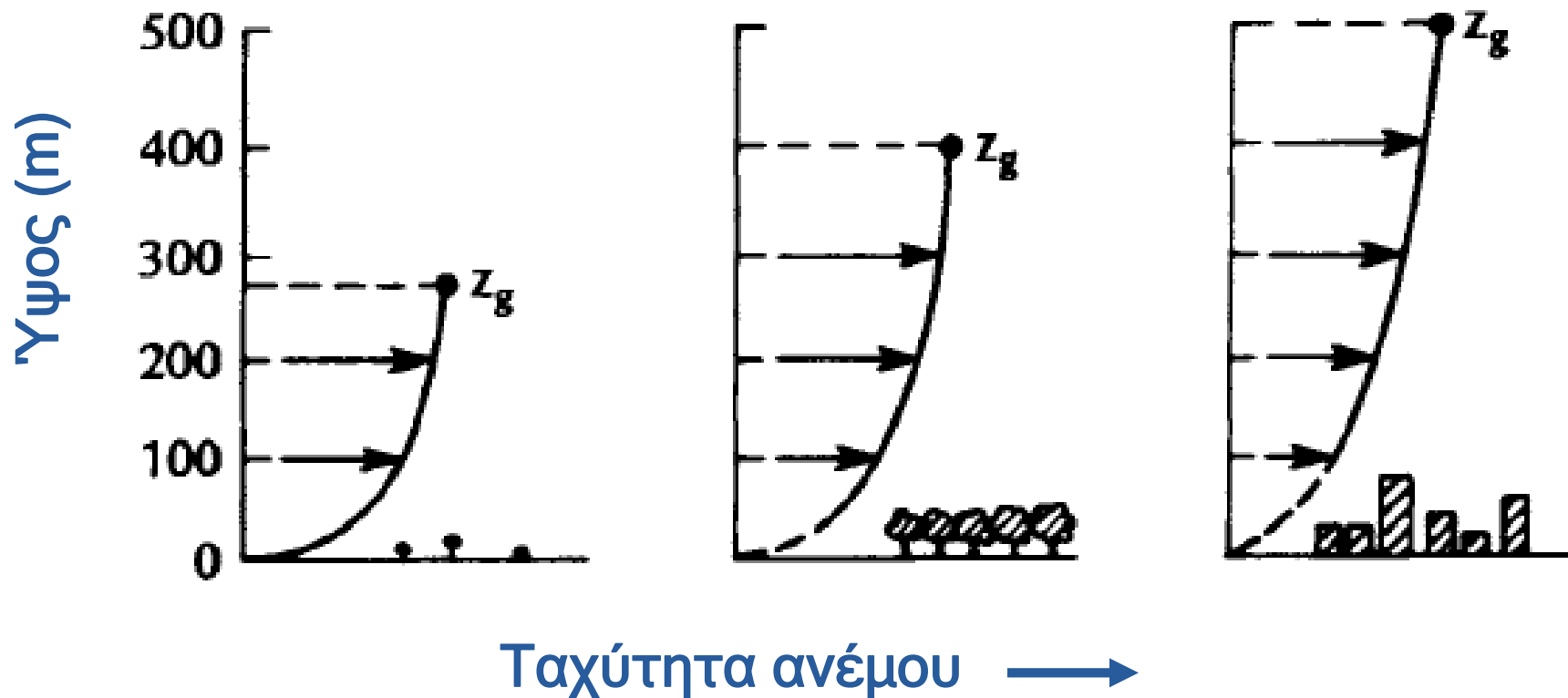
- Η κατατομή του ανέμου στο ΑΟΣ ακολουθεί γενικά τη λογαριθμική κατανομή και προσεγγίζεται καλύτερα από το νόμο του λογαριθμικού προφίλ που λαμβάνει υπόψη την τραχύτητα του εδάφους και την ατμοσφαιρική ευστάθεια.
- Ο εκθετικός νόμος χρησιμοποιείται όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα για την τραχύτητα του εδάφους και την ευστάθεια της ατμόσφαιρας.
- Ο εκθετικός νόμος δεν είναι ακριβής στις περιπτώσεις όπου η διαφορά ύψους των μετρήσεων είναι μεγαλύτερη από 30-50 μ, δεδομένου ότι μέσα σε μεγάλο χρονικό διάστημα η διεύθυνση του ανέμου ποικίλει με αποτέλεσμα η τιμή του α να διαφέρει σημαντικά ανά διεύθυνση.

Επίδραση της τραχύτητας του εδάφους στην ταχύτητα του ανέμου

Ανοιχτό πεδίο

Δάσος ή
προάστιο

Αστική περιοχή



Κατανομή του ανέμου με το ύψος σε αστική περιοχή

