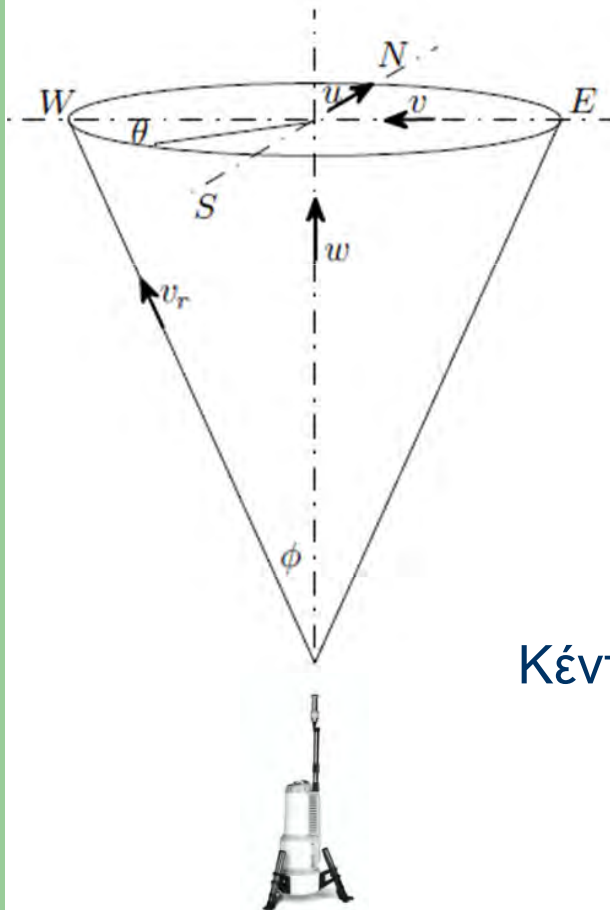


Μετρήσεις της ροής του αέρα σε μεγάλα ύψη με χρήση LIDAR



Δημήτρης Φουσέκης

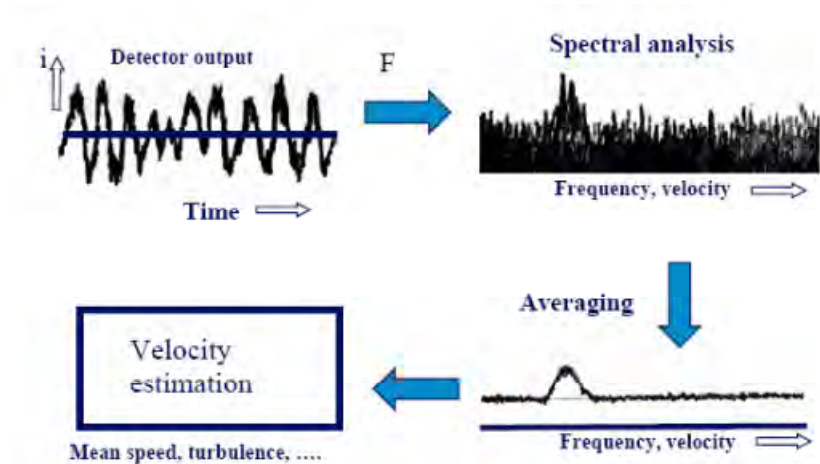
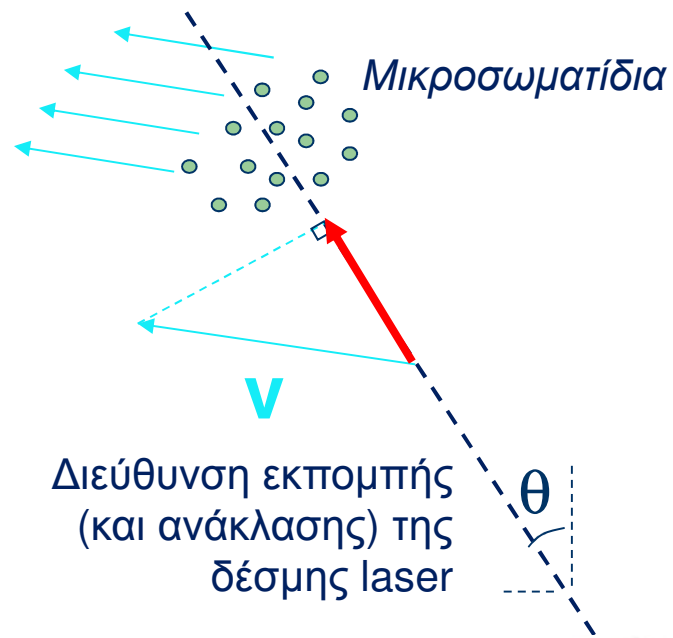
Φυσικός, Δρ Μηχανικής Ρευστών

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)

www.cres.gr



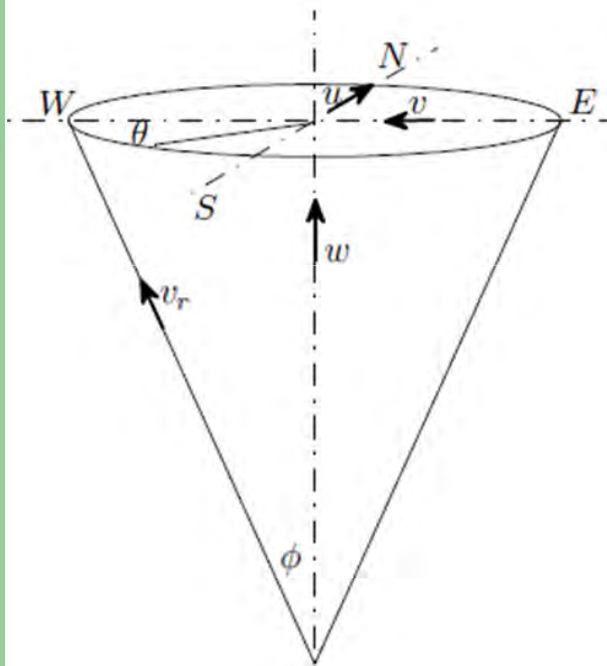
Αρχή λειτουργίας (1)



Μεταβολή της συχνότητας $\sim$
ταχύτητα ανέμου (Doppler)



Αρχή λειτουργίας (2)



Ακτινικές ταχύτητες

$$Vr_N = u \sin\theta + w \cos\theta$$

$$Vr_E = v \sin\theta + w \cos\theta$$

$$Vr_S = -u \sin\theta + w \cos\theta$$

$$Vr_W = -v \sin\theta + w \cos\theta$$

Καρτεσιανές ταχύτητες

$$u = \frac{Vr_N - Vr_S}{2\sin\theta}$$

$$v = \frac{Vr_E - Vr_W}{2\sin\theta}$$

$$w = \frac{Vr_N + Vr_E + Vr_S + Vr_W}{4\cos\theta}$$

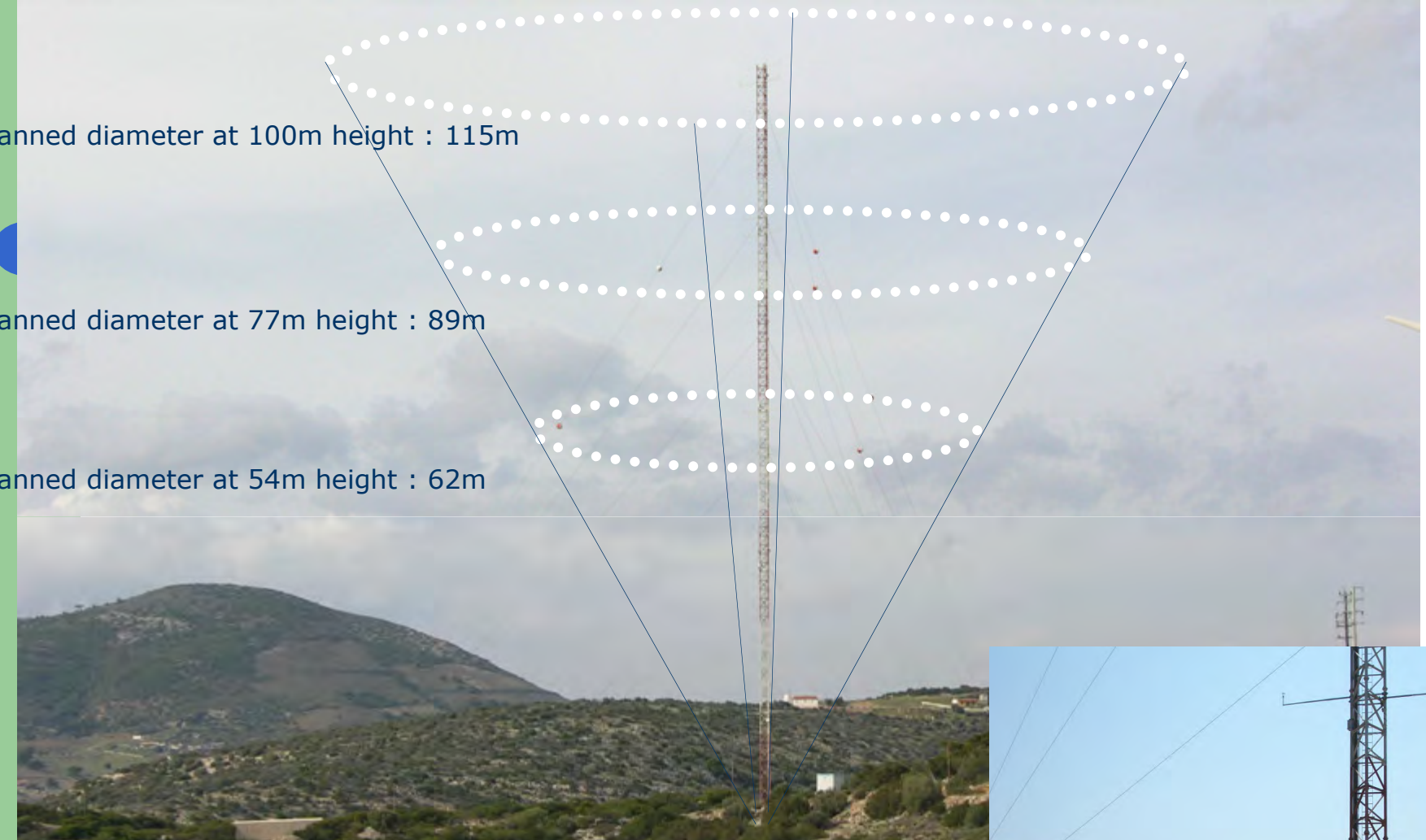
Οριζόντια ταχύτητα - διεύθυνση

$$V_h = \sqrt{u^2 + v^2}$$

$$Dir = \text{Modulo}(360 + \text{atan2}(v, u), 360)$$



ΚΑΠΕ
CRES



Scanned diameter at 100m height : 115m

Scanned diameter at 77m height : 89m

Scanned diameter at 54m height : 62m

Σάρωση με πρίσμα 30°:

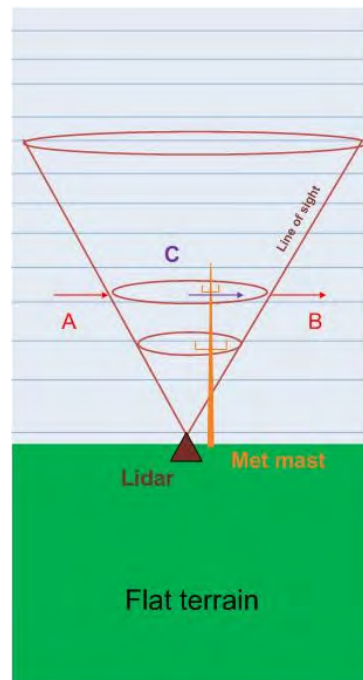
+ μέτρηση ανάλογη των διαστάσεων Α/Γ

- μειωμένη ακρίβεια σύγκρισης με (σημειακό) ανεμόμετρο

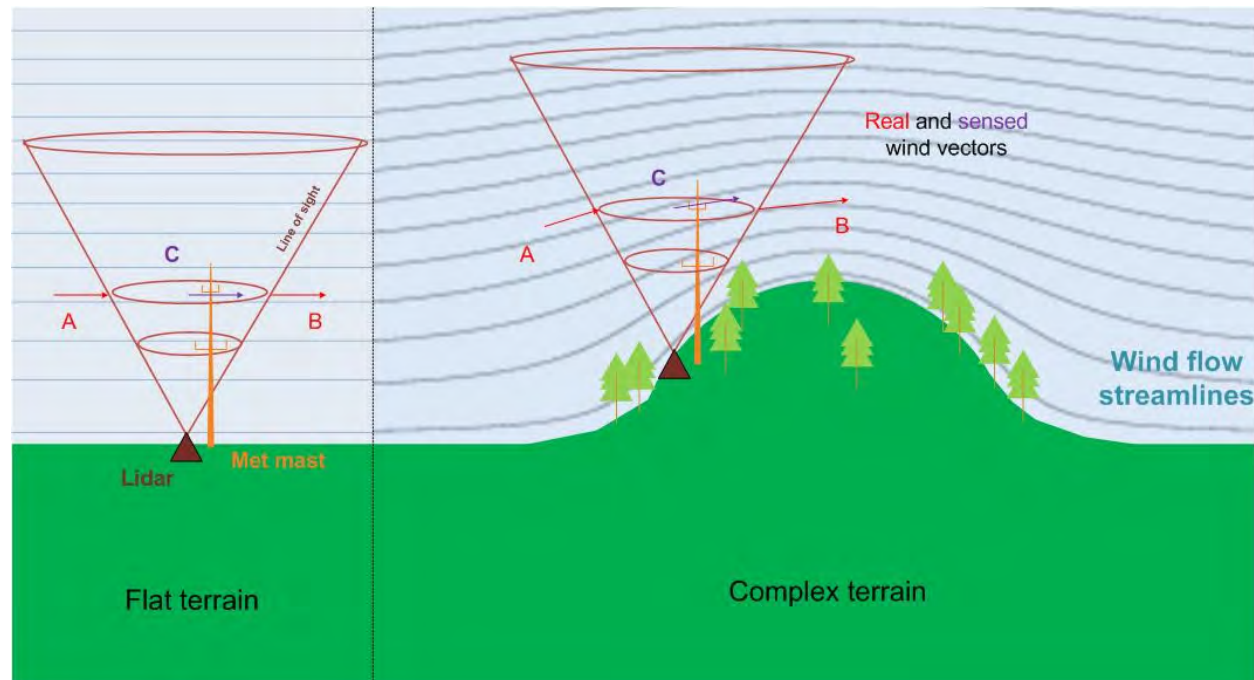


Σύνθετη τοπογραφία και LIDAR

Ομοιόμορφη ροή

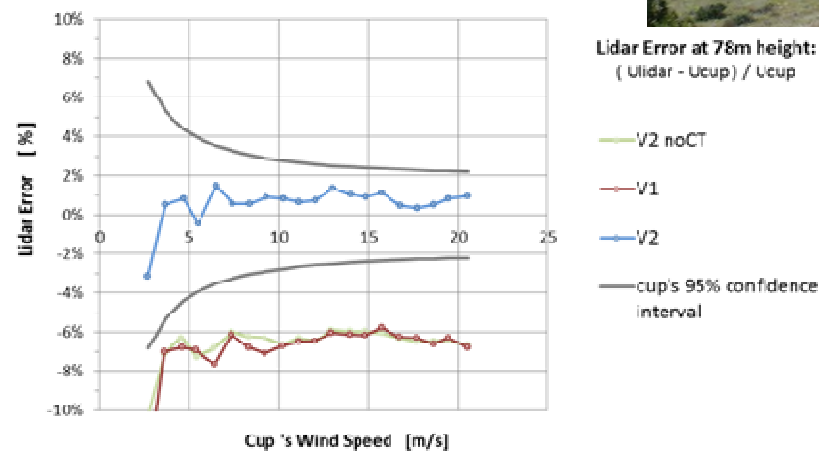


Ανομοιόμορφη ροή εντός της επιφάνειας μέτρησης του LIDAR

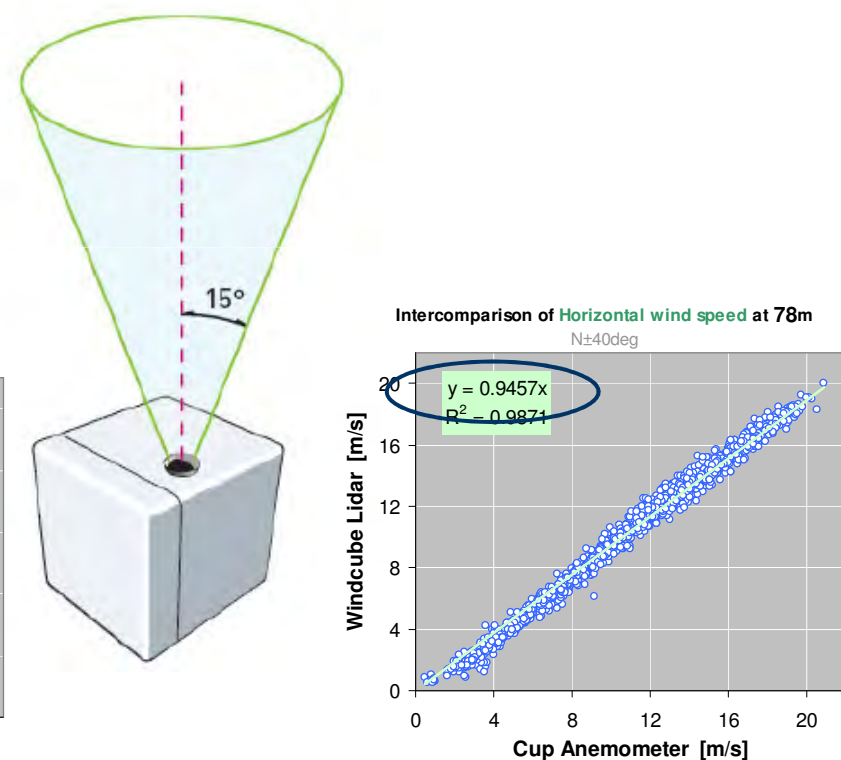
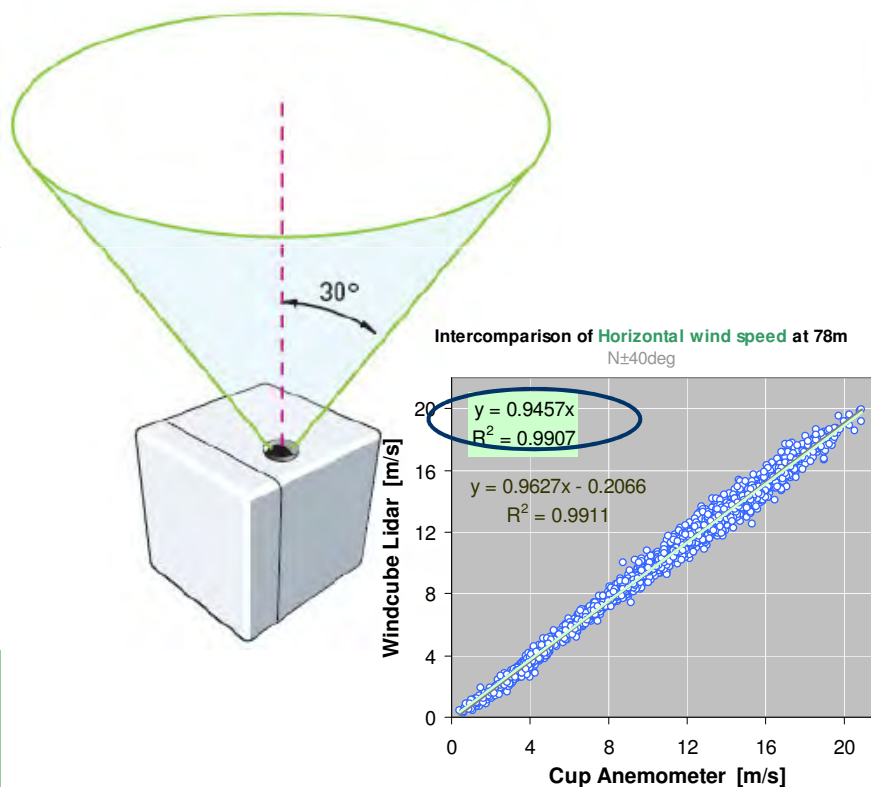


Αιολικό Πάρκο ΚΑΠΕ – 100μ Ιστός

- Διεθνής αναγνώριση σαν σταθμός δοκιμών και βελτιστοποίησης μονάδων LIDAR σε σύνθετη τοπογραφία.
- Συμβόλαια για διεξαγωγή δοκιμών με κατασκευαστές LIDAR



Η σάρωση με μικρότερη γωνία βελτιώνει τα αποτελέσματα; Όχι !



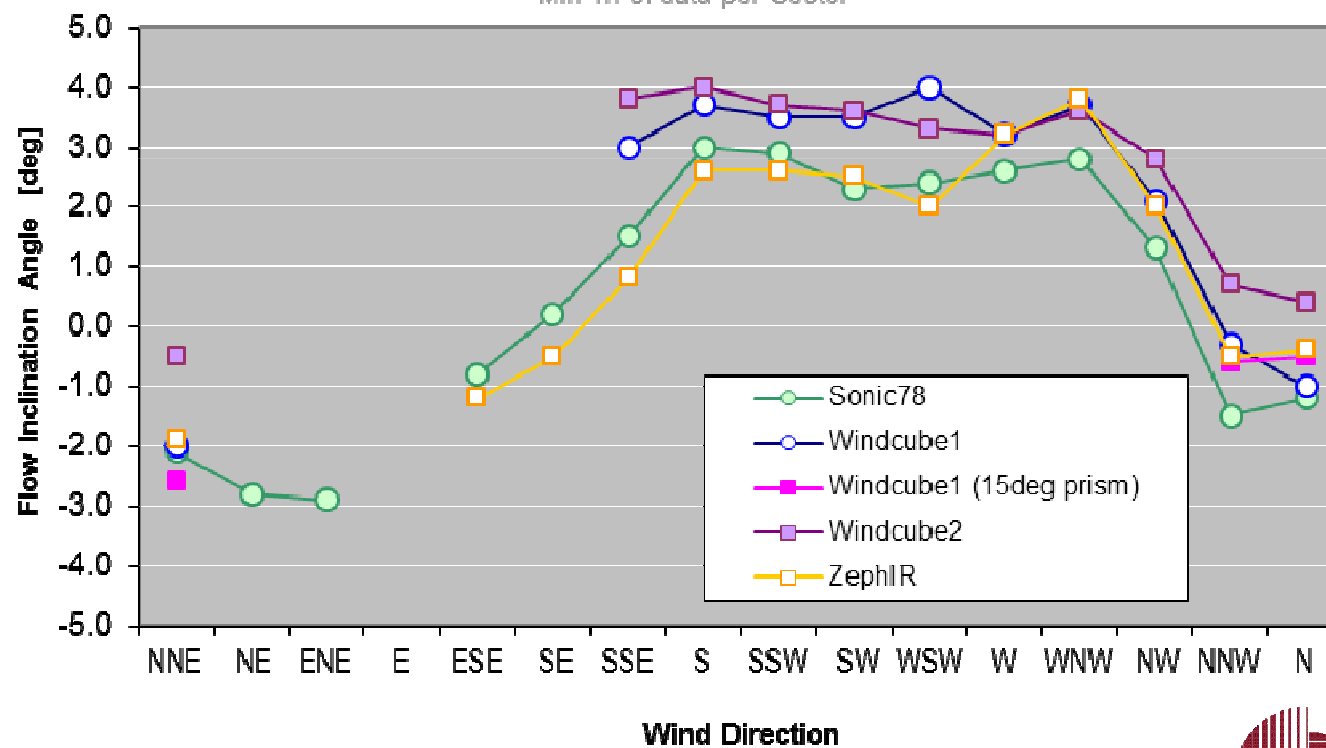
F. Bingol, Jakob Mann, D. Foussekis "Conically scanning lidar error in complex terrain", Meteorologische Zeitschrift, Vol. 18, No. 2, 189-195, April 2009.

Μέτρηση της κλίσης της ροής

Lavrio - 3 lidars experiment

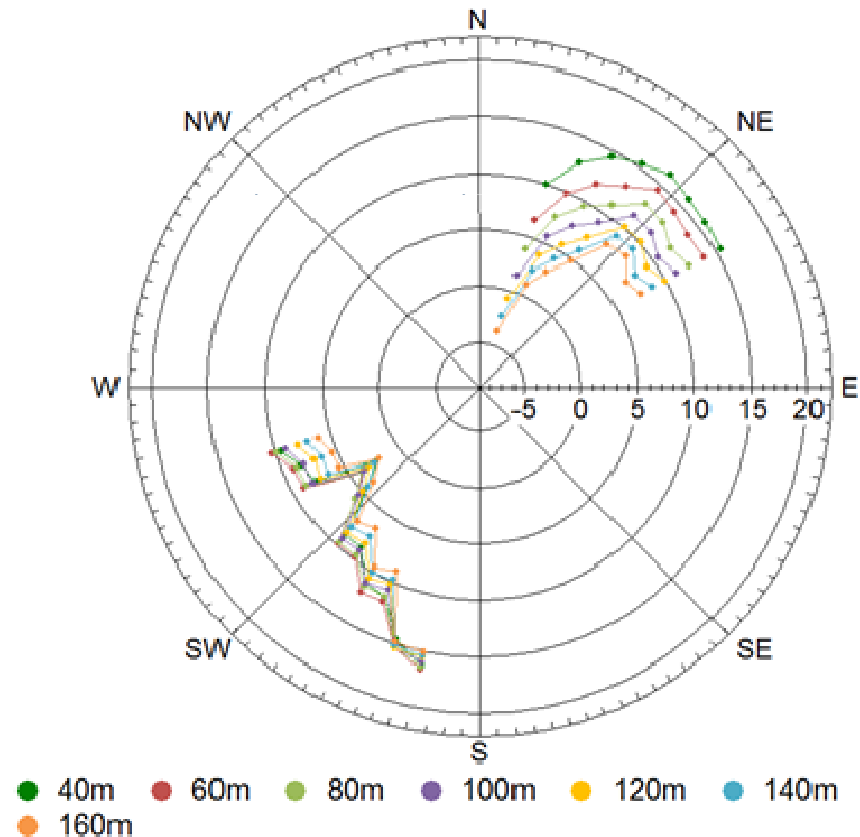
Height = 78m, $8\text{m/s} < U < 10\text{m/s}$

Min 1h of data per Sector

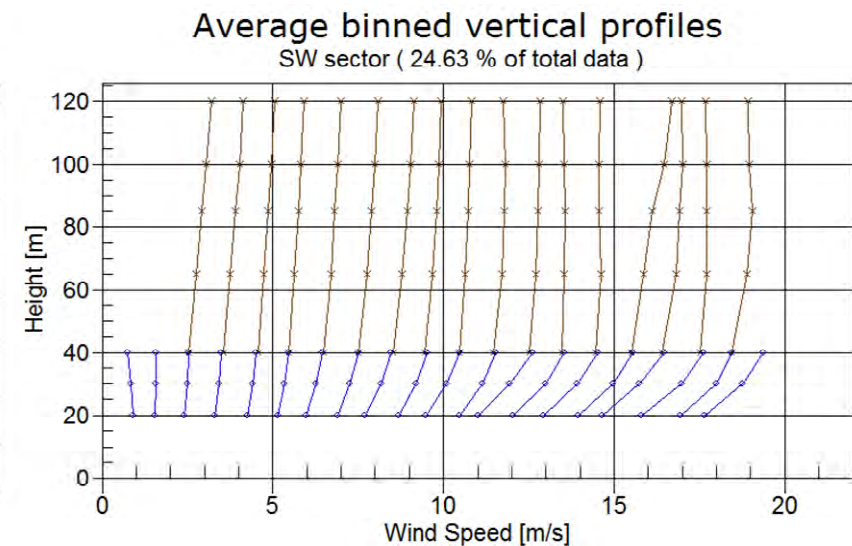
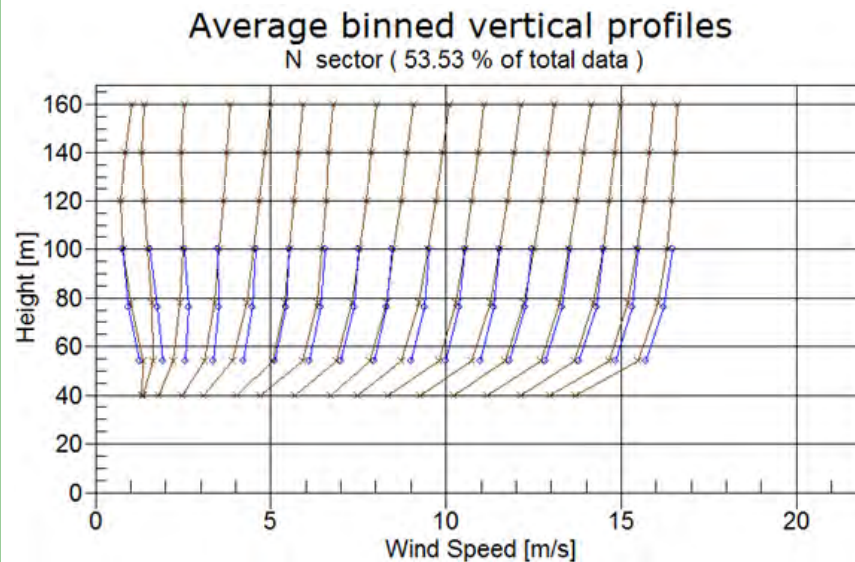


Καθ' ύψος μεταβολή της κλίσης της ροής

Flow inclination angles (deg) per height and direction
 $7\text{m/s} < U < 10\text{m/s}$, 6° wide bins



Συνήθη προφίλ ταχυτήτων



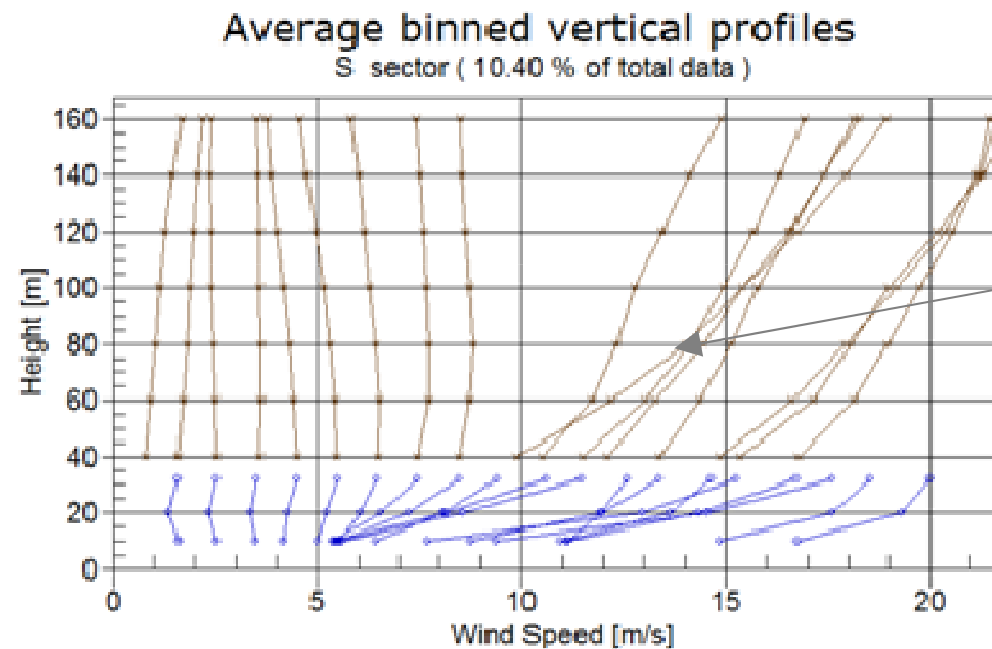
Μπλέ γραμμή: Μετρήσεις από Ιστό (ανεμόμετρα κυπέλλων)

Καφέ γραμμή: Μετρήσεις LIDAR

Όμως τα ακραία φαινόμενα συμβαίνουν
σε ακραίες τοποθεσίες...



Ακραία προφίλ ταχυτήτων (1)

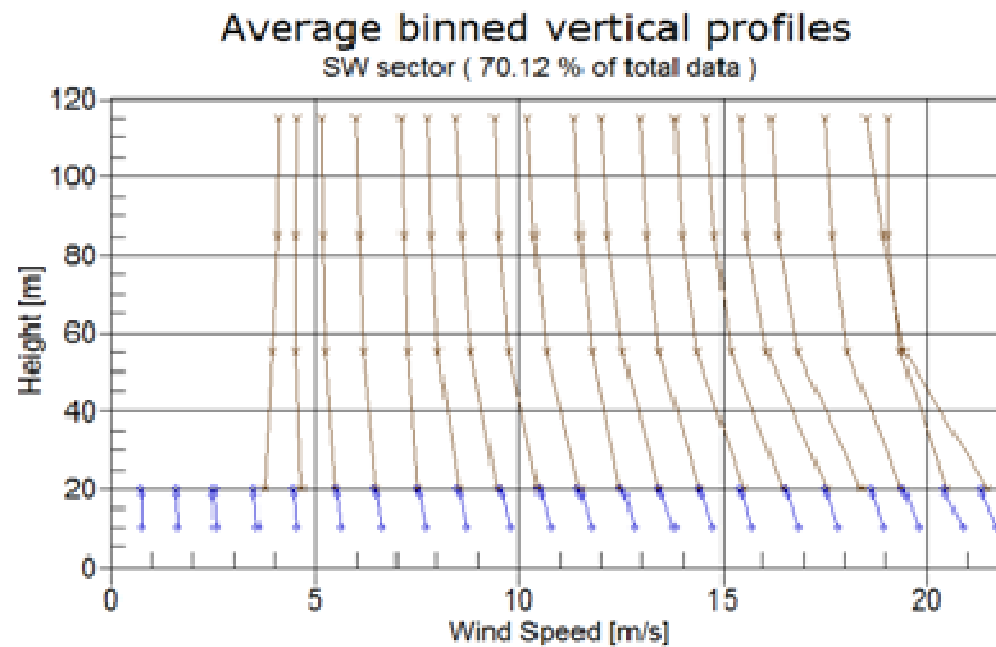


Ακόμα και 80μ Ιστός,
δεν μπορεί να
αποτυπώσει την ένταση
του φαινομένου

Μπλέ γραμμή: Μετρήσεις από Ιστό (ανεμόμετρα κυπέλλων)

Καφέ γραμμή: Μετρήσεις LIDAR

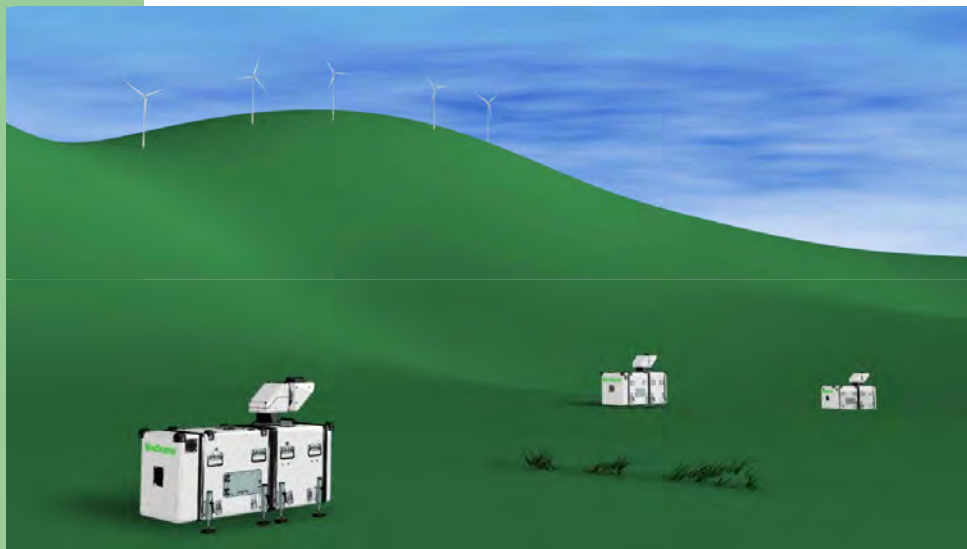
Ακραία προφίλ ταχυτήτων (2)



Μπλε γραμμή: Μετρήσεις από Ιστό (ανεμόμετρα κυπέλλων)

Καφέ γραμμή: Μετρήσεις LIDAR

Αντί για συμπεράσματα...

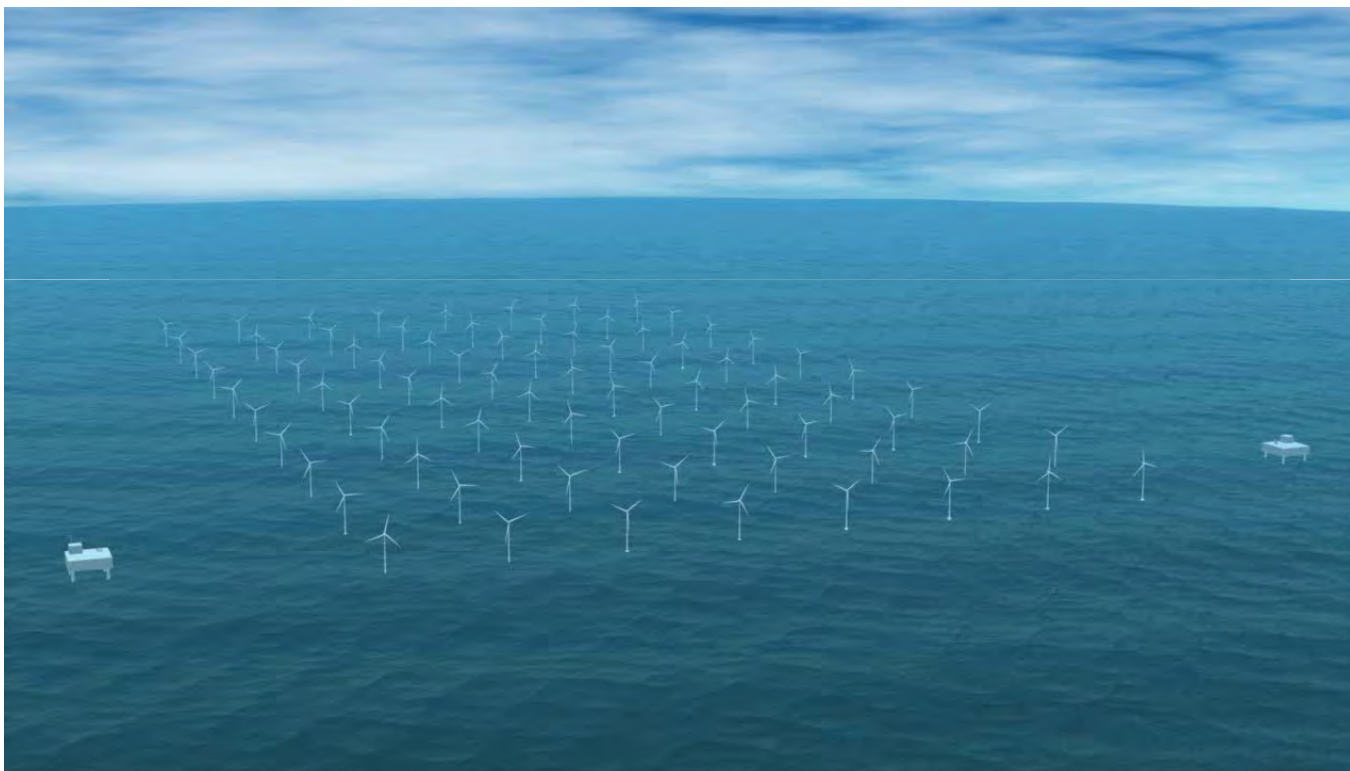


Έντονη διεθνής δραστηριότητα για την χρήση συστοιχιών LIDAR για την 3D-μέτρηση της ταχύτητας σε οποιοδήποτε σημείο.

Στο εγγύς μέλλον, κάθε μεγάλη Α/Γ θα διαθέτει LIDAR για βελτιστοποίηση παραγωγής, αποφυγή ακραίων φορτίσεων, κ.λ.π.



Αντί για συμπεράσματα...



Στα τεράστια offshore Αιολικά Πάρκα, η τεχνολογία των LIDAR θα βοηθήσει στην μεγιστοποίηση της ενεργειακής παραγωγή τους.