

  
**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
 ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

---

**ΧΑΡΗΣ Ι. ΓΑΝΤΕΣ**

---

**ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ**

---

ΑΘΗΝΑ  
 ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2015



**Περιεχόμενα**

- Ερευνητικό πρόγραμμα
- Αιολική ενέργεια
- Αιολική ενέργεια σε αριθμούς
- Ανάπτυξη ανεμογεννητριών
- Τύποι ανεμογεννητριών
- Θεμελίωση χερσαίων ανεμογεννητριών
- Θεμελίωση υπεράκτιων ανεμογεννητριών
- Πυλώνες ανεμογεννητριών
- Σκοπός ερευνητικού προγράμματος
- Ευχαριστίες




ΧΑΡΗΣ Ι. ΓΑΝΤΕΣ ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

**Ερευνητικό πρόγραμμα**



**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ**  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



**ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ**



**ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ**  
«ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ»

**«ΑΡΙΣΤΕΙΑ II» - ENSSTRAM:**

**ΠΡΩΤΥΠΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ**  
**ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ**

ΧΑΡΗΣ Ι. ΓΑΝΤΕΣ ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

**Ερευνητικό πρόγραμμα**

**Ερευνητικές ομάδες:**



**Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών**  
**ΕΜΠ**



**Εργαστήριο Μηχανικής και Τεχνολογίας Υλικών**  
**ΠΠ**



**Εργαστήριο Θεμελίωσης**  
**ΕΜΠ**

**Επιστημονικός υπεύθυνος: Δρ. Χάρης Ι. Γαντές**  
**Καθηγητής ΕΜΠ**

ΧΑΡΗΣ Ι. ΓΑΝΤΕΣ ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

**Αιολική ενέργεια**

**Εκμετάλλευση αιολικής ενέργειας από το παρελθόν μέχρι σήμερα**



**Νάξος, Ελλάδα, 2015**

ΧΑΡΗΣ Ι. ΓΑΝΤΕΣ ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

**Αιολική ενέργεια**

**Χώρες που παράγουν αιολική ενέργεια**

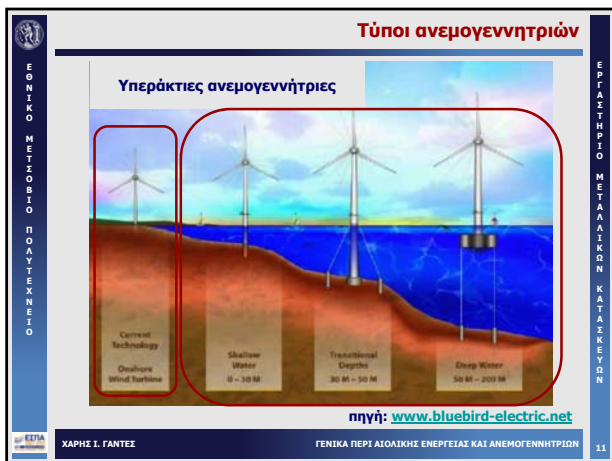


πηγή: <https://diqbyhall120.wordpress.com/taq/wind-power/>

ΧΑΡΗΣ Ι. ΓΑΝΤΕΣ ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ



- ### Αιολική ενέργεια σε αριθμούς
- 51.5** Τα GW που εγκαταστάθηκαν το 2014 και έφεραν την παγκόσμια εγκαταστημένη ισχύ στα 369.6 GW μέχρι το τέλος του 2014
  - 608** Τα εκατομμύρια τη εκπομπών CO2 που αποφεύχθηκαν το 2014
  - 5500** Αριθμός νοικοκυριών που μπορεί να τροφοδοτήσει μια ανεμογεννήτρια 6MW (εντός ΕΕ)
  - 3%** Το ποσοστό της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από την αιολική
  - 17-19%** Η συνολική ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί από την αιολική έως το 2030
  - 268,000** Ο συνολικός αριθμός των ανεμογεννητριών που περιστρέφονται σε όλο τον κόσμο
- πηγή: <http://www.qwec.net>
- ΧΑΡΗΣ Ι. ΓΑΝΤΣ      ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ



### Τύποι ανεμογεννητριών

#### Διαφορές χερσαίων και υπεράκτιων ανεμογεννητριών

	Χερσαίες	Υπεράκτιες
Φορτία	Άνεμος	Άνεμος + Κύματα
Θεμελίωση	Επιφανειακή (πέδιλα) Πάσσαλος	Θεμελίωση στο βυθό Πλωτά συστήματα

ΧΑΡΗΣ Ι. ΓΑΝΤΣ      ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

### Θεμελίωση χερσαίων ανεμογεννητριών

Επιφανειακή θεμελίωση (πέδιλο)  
↓  
συνθετότερη περίπτωση

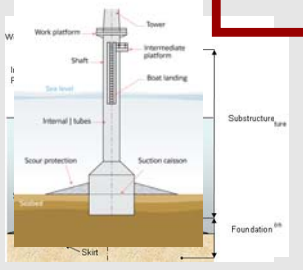



Θεμελίωση με πάσσαλο ⇒ όχι τόσο σύνθετες

ΧΑΡΗΣ Ι. ΓΑΝΤΣ
ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΗΤΡΙΣΤΩΝ

### Θεμελίωση υπεράκτιων ανεμογεννητριών

Θεμελιωμένα συστήματα



Υποκατασκευές

- Τμήμα μετάβασης
- Μορφή τριπόδου
- Μορφή δικτυώματος


Θεμελίωση

- Θεμέλια βαρύτητας
- Πάσσαλος
- Κοίλα φρεάτια

ΧΑΡΗΣ Ι. ΓΑΝΤΣ
ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΗΤΡΙΣΤΩΝ

### Θεμελίωση υπεράκτιων ανεμογεννητριών

Πλωτά συστήματα



Spar - buoy  
Tension leg  
Με εξέδρα τύπου φορτηγίδας  
Υβριδικά συστήματα

ΧΑΡΗΣ Ι. ΓΑΝΤΣ
ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΗΤΡΙΣΤΩΝ

### Πυλώνες ανεμογεννητριών

Κατασκευή πυλώνων ανεμογεννητριών:



Καμπύλωση επίπεδων ελασμάτων



Συγκόλληση μελών μεταξύ τους

ΧΑΡΗΣ Ι. ΓΑΝΤΣ
ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΗΤΡΙΣΤΩΝ

### Πυλώνες ανεμογεννητριών

Κατασκευή πυλώνων ανεμογεννητριών:



Μεταφορά και ανέγερση



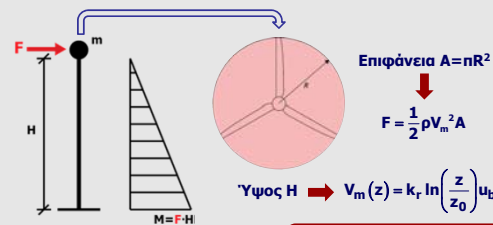
Κοχλίωση




ΧΑΡΗΣ Ι. ΓΑΝΤΣ
ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΗΤΡΙΣΤΩΝ

### Πυλώνες ανεμογεννητριών

Στατικό σύστημα πυλώνων ανεμογεννητριών:



Επιφάνεια  $A=nR^2$

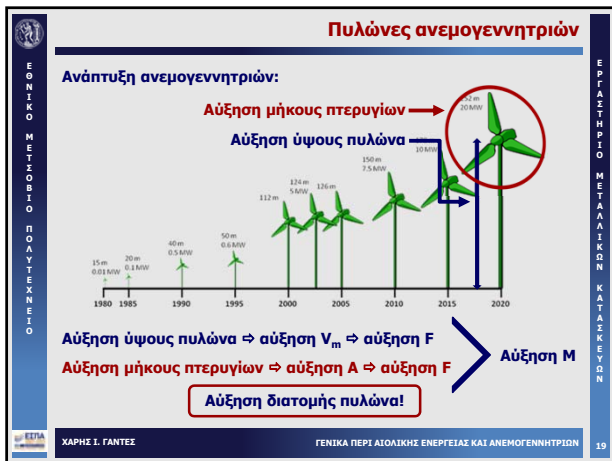
$$F = \frac{1}{2} \rho V_m^2 A$$

Ύψος  $H \Rightarrow V_m(z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) u_b$

Εκτίμηση ροπής βάσης πυλώνα  $M$   
Διαστασιολόγηση πυλώνα

Εκτίμηση φορτίου ανέμου  $F$   
στατικών αναλύσεων

ΧΑΡΗΣ Ι. ΓΑΝΤΣ
ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΗΤΡΙΣΤΩΝ



- ### Σκοπός ερευνητικού προγράμματος
- ENSSTRAM:**
- EE1:** Βιβλιογραφική επισκόπηση ανεμογεννητριών
  - EE2:** Προκαταρκτική αναλυτική και αριθμητική διερεύνηση κελυφών τύπου sandwich για πυλώνες ανεμογεννητριών
  - EE3:** Πειραματικές δοκιμές κελυφών τύπου sandwich
  - EE4:** Βαθμονόμηση προσομοιωμάτων πεπερασμένων στοιχείων για κελύφη τύπου sandwich με βάση τα πειραματικά αποτελέσματα
  - EE5:** Παραμετρικές αναλύσεις πεπερασμένων στοιχείων πυλώνων ανεμογεννητριών από κελύφη τύπου sandwich
  - EE6:** Μεθοδολογία σχεδιασμού και κατασκευής πυλώνων ανεμογεννητριών με κελύφη τύπου sandwich
- ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΤΑΚΕΥΣΗΣ
- ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΟΡΘΟΚΕΝΤΡΙΚΩΣ
- ΧΑΡΗΣ Ι. ΓΑΝΤΣ      ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΗΤΡΙΣΤΩΝ      21

### Ευχαριστίες

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
**ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ**  
 ΟΡΘΟΚΕΝΤΡΙΚΩΣ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ  
**ΕΣΠΑ 2007-2013**  
 ΠΡΟΤΑΣΗ ΚΑΙ ΝΕ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

Ευρωπαϊκή Ένωση  
 Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΤΑΚΕΥΣΗΣ

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΟΡΘΟΚΕΝΤΡΙΚΩΣ

ΧΑΡΗΣ Ι. ΓΑΝΤΣ      ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΗΤΡΙΣΤΩΝ      22

