

*Η Τεχνολογία των Αιολικών Πάρκων
και οι Προοπτικές Ανάπτυξης Αιολικών Σταθμών Ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα*

Η Τεχνολογία των Αιολικών Πάρκων

Προοπτικές Ανάπτυξης Αιολικών Σταθμών Ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα

Κονταξάκης Κώστας



Εργαστήρι Αιολικής Ενέργειας και Σύνθεσης Ενεργειακών Συστημάτων, ΤΕΙ Κρήτης,
71500 Εσταυρωμένος, Ηράκλειο, www.wel.gr, Tel, Fax: 2810 256191, email: condax@cs.teicrete.gr

Διαδικασία υλοποίησης μιας επένδυσης για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Αιολικό Πάρκο

- Αιολικό Δυναμικό
- Χωροθέτηση Αιολικού Πάρκου
- Τεχνολογία Αιολικών Πάρκων
- Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- Τεχνοοικονομική Μελέτη
- Αδειοδότηση Αιολικών Πάρκων
- Προοπτικές Ανάπτυξης Αιολικών Πάρκων στην Ελλάδα



Εκτίμηση Αιολικού Δυναμικού και χωροθέτηση Α/Γ

Απαραίτητα Δεδομένα

- Ανεμολογικά Δεδομένα
- Ψηφιακό Μοντέλο εδάφους
- Χαρακτηριστικά Εδάφους

Εκτίμηση Αιολικού Δυναμικού

Κατανομή Μέσης Ετήσιας Ταχύτητας Ανέμου στην Ευρύτερη Περιοχή

Επιλογή Τοποθεσίας με βάση και Τεχνοοικονομικά Κριτήρια (Υπάρχουσα Οδοποιία, Απόσταση από το Ηλ. Δίκτυο, κτλ)

Εκτίμηση Αιολικού Δυναμικού

Κατανομή Μέσης Ετήσιας Ταχύτητας Ανέμου στην Περιοχή Ενδιαφέροντος (Μεγαλύτερη Ανάλυση)

Χωροθέτηση Α/Γ

- Μέση Ετήσια Ταχύτητα
- Επικρατούσες Διευθύνσεις Ανέμου
- Μέση Ετήσια παραγωγή Ενέργειας
- Απώλειες λόγω Σκίασης

Υπολογισμός

Χαρακτηριστικών Ανέμου στις θέσεις των Α/Γ

- Ενταση Τύρβης
- Κλίση Κατανομής Ταχύτητας Ανέμου καθ' ύψος (Shear)

ΟΧΙ

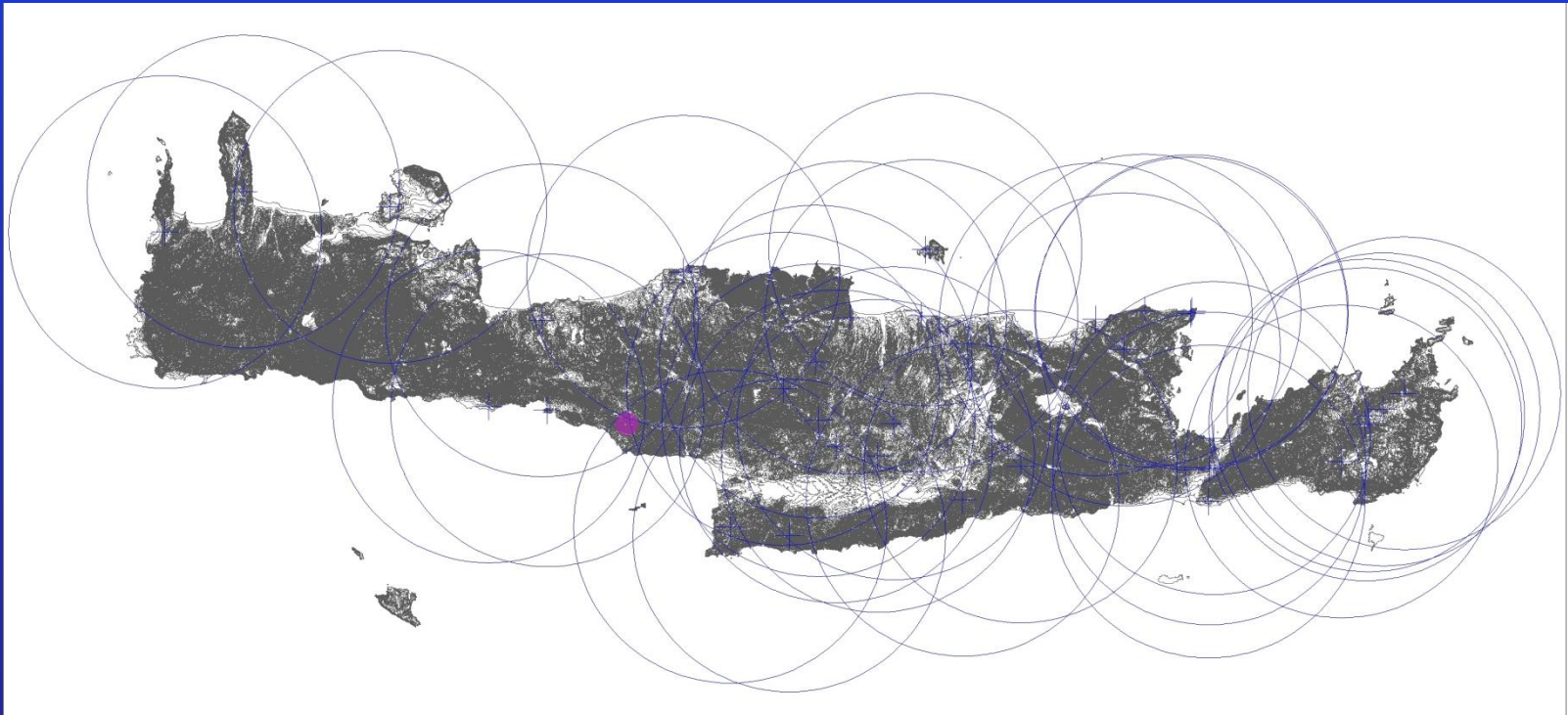
Αποδεκτά

ΝΑΙ



Ανεμολογικά Δεδομένα

- Μετρήσεις τουλάχιστον ενός Έτους
- Στην καλύτερη περίπτωση μετρήσεις εντός της περιοχής ενδιαφέροντος
- Στην αντίθετη περίπτωση συνδυασμός περισσότερων ανεμογράφων κοντά στην περιοχή και σε απόσταση που επιτρέπει αξιόπιστους υπολογισμούς από το λογισμικό
- Αξιοπιστία μετρήσεων (Εμπόδια κοντά στον ανεμογράφο κτλ)



Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους

- Πυκνότητα ισοϋψών καμπυλών μεγαλύτερη των 20 μέτρων
- Όσο το δυνατόν μεγαλύτερη λεπτομέρεια στην απόδοση του πραγματικού εδάφους

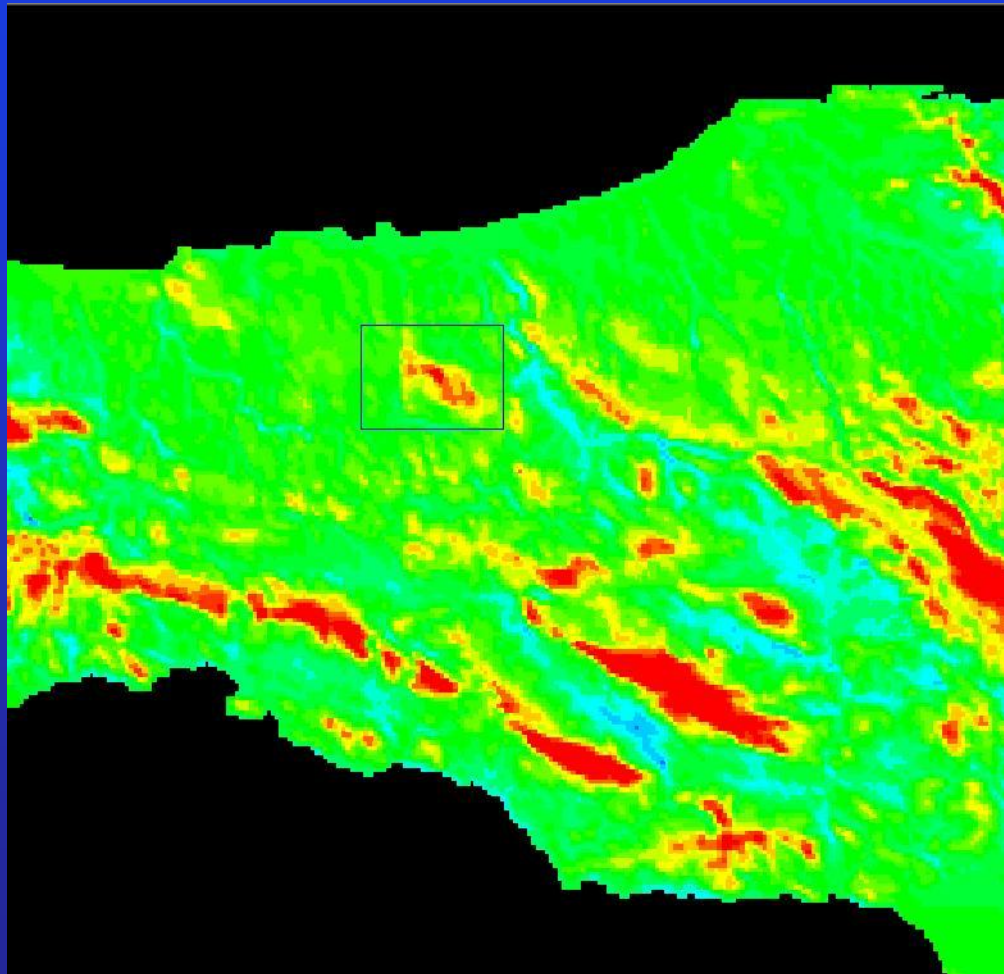
Χαρακτηριστικά Εδάφους-Τραχύτητα

- Σημαντική επιρροή στα χαρακτηριστικά του ανέμου (Ένταση Τύρβης)
- Εκτίμηση από κατά τόπους επισκέψεις ή φωτογραφίες

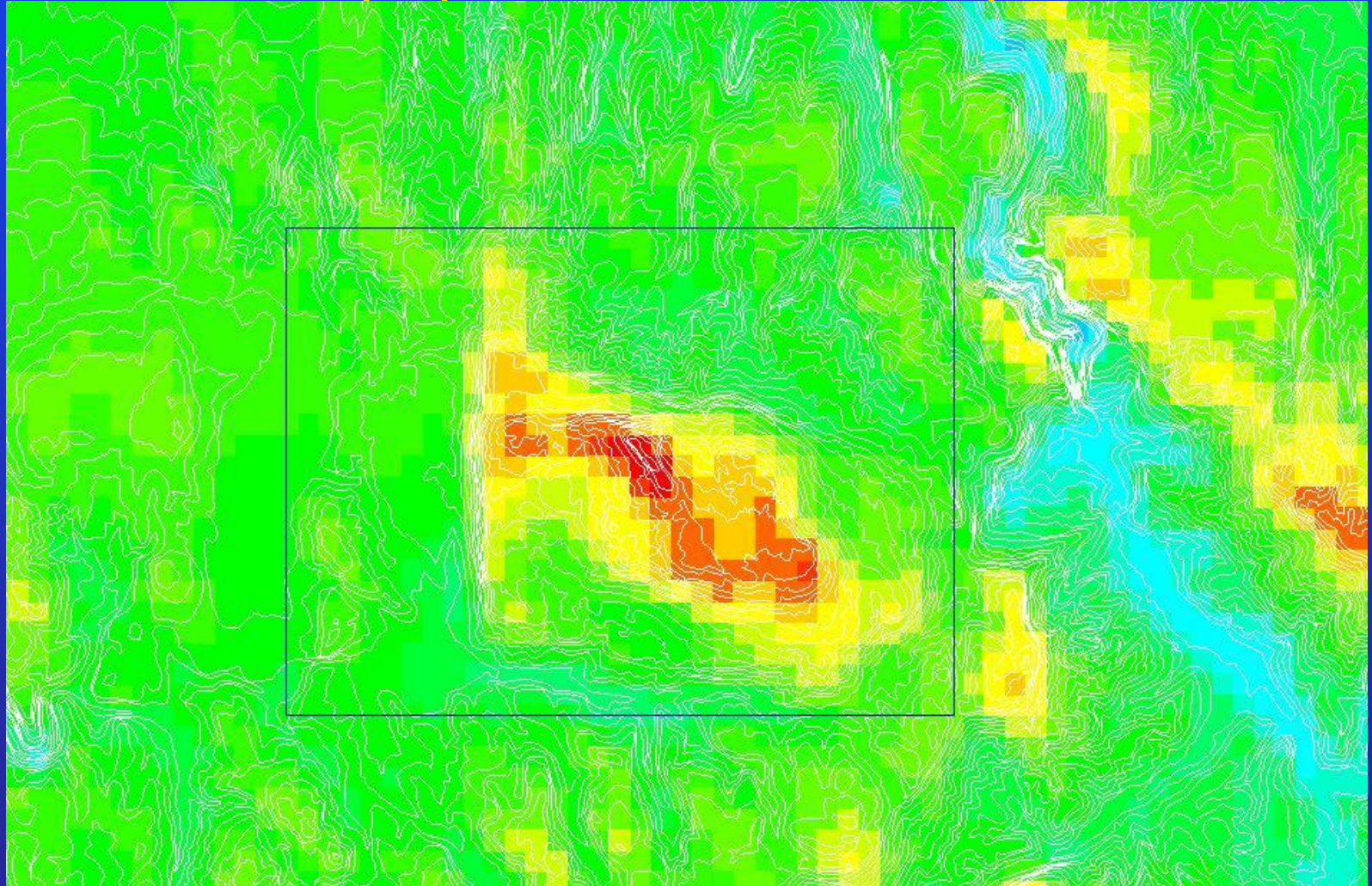


Υπολογισμός Αιολικού Δυναμικού

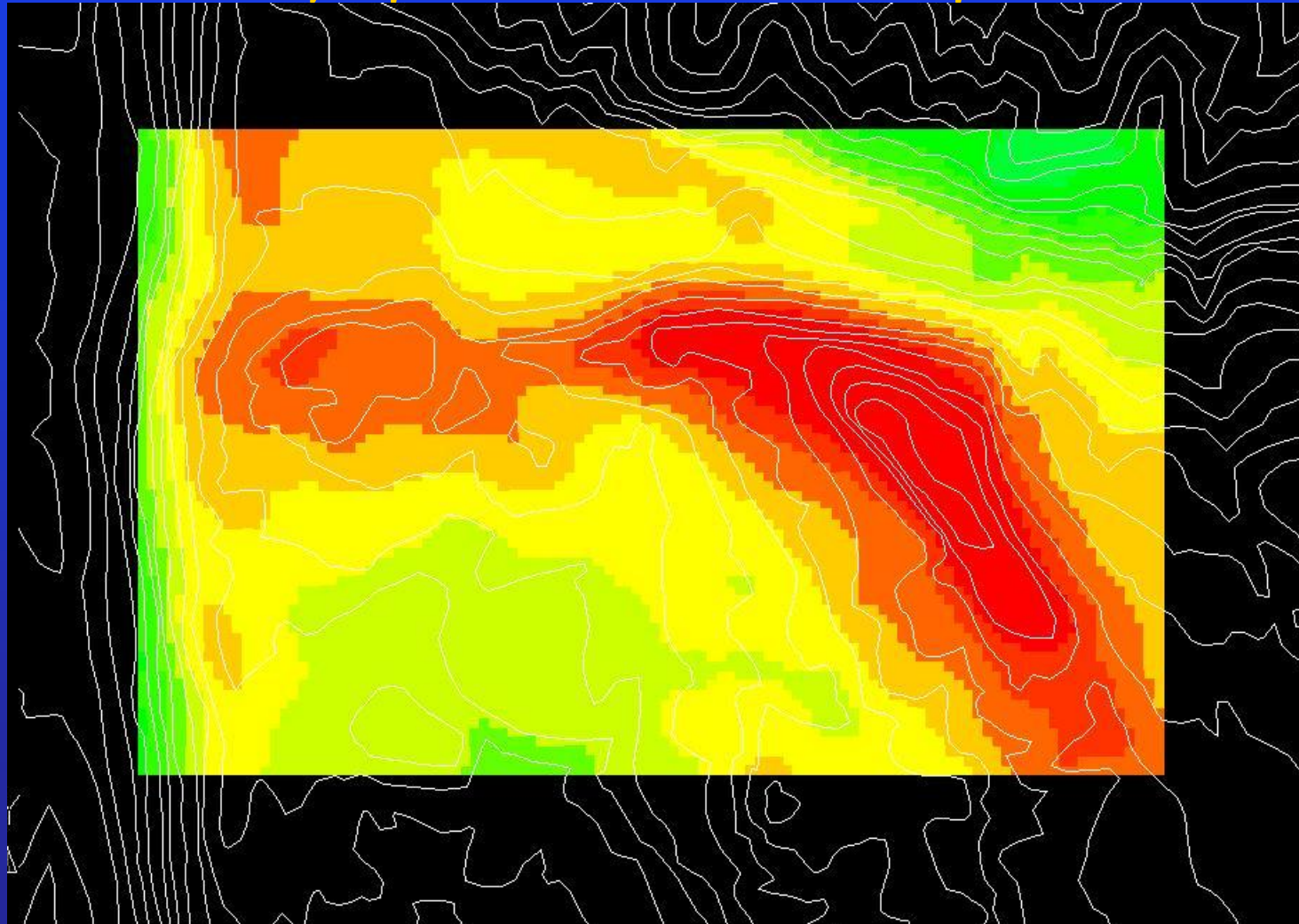
Εκτίμηση στη ευρύτερη περιοχή με κάρναβο μικρή λεπτομέρειας



Υπολογισμός Αιολικού Δυναμικού



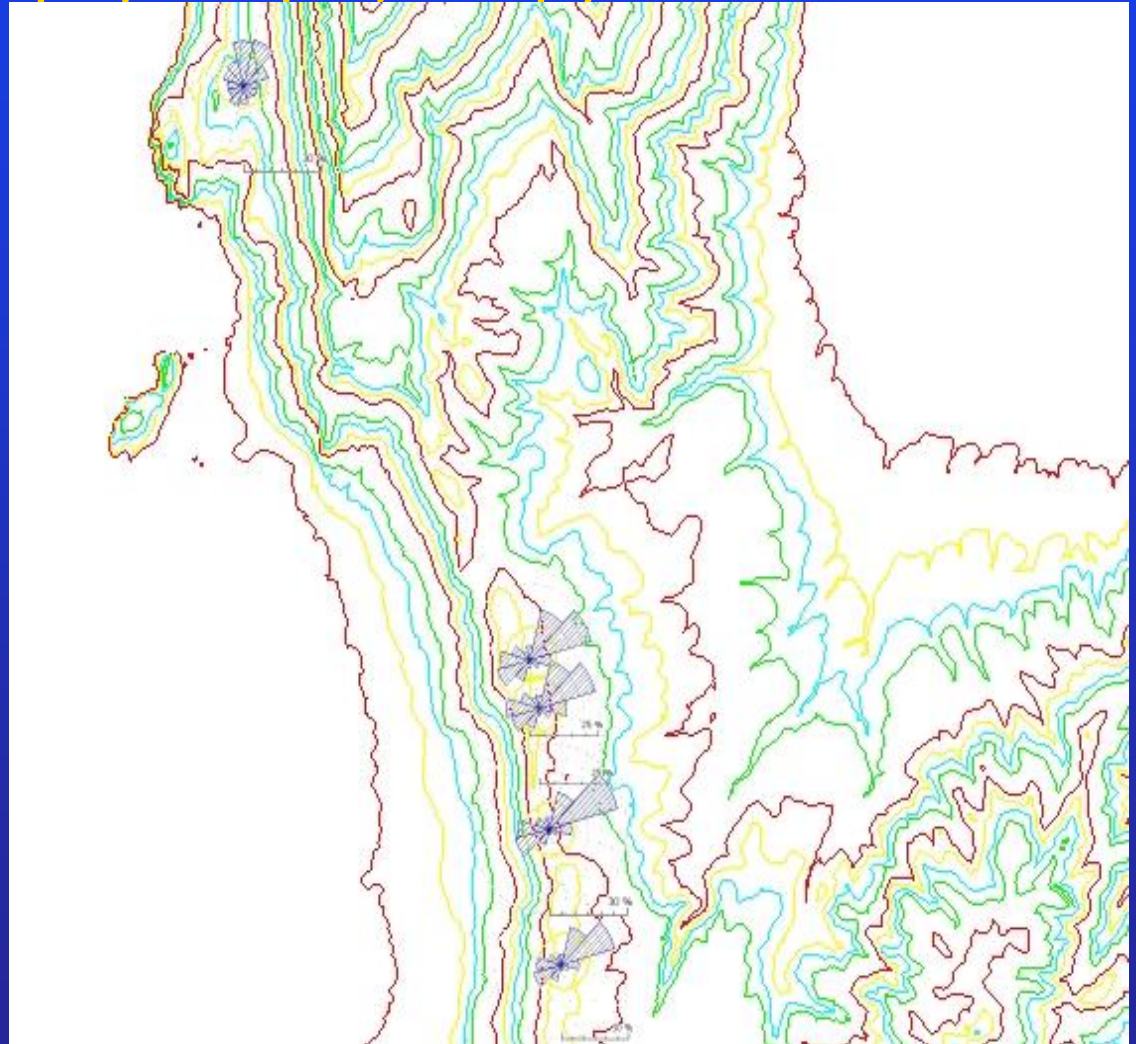
Υπολογισμός Αιολικού Δυναμικού 2



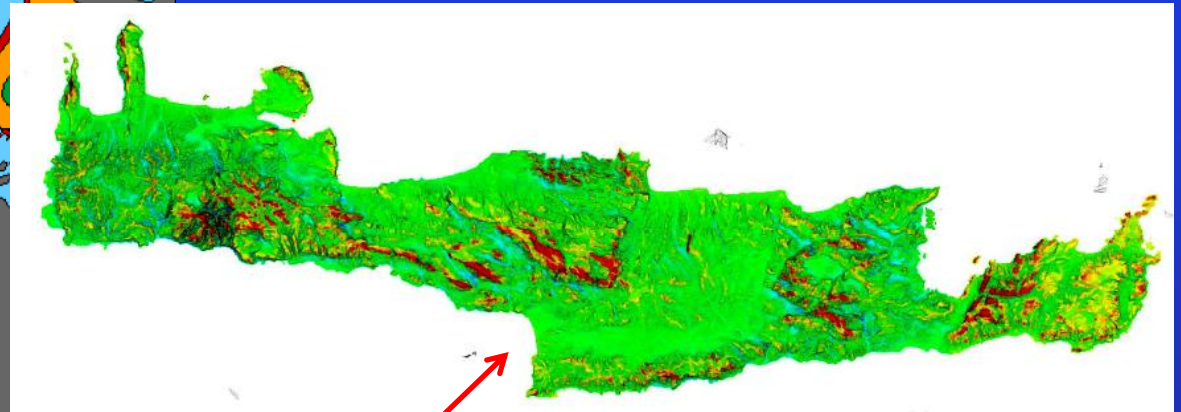
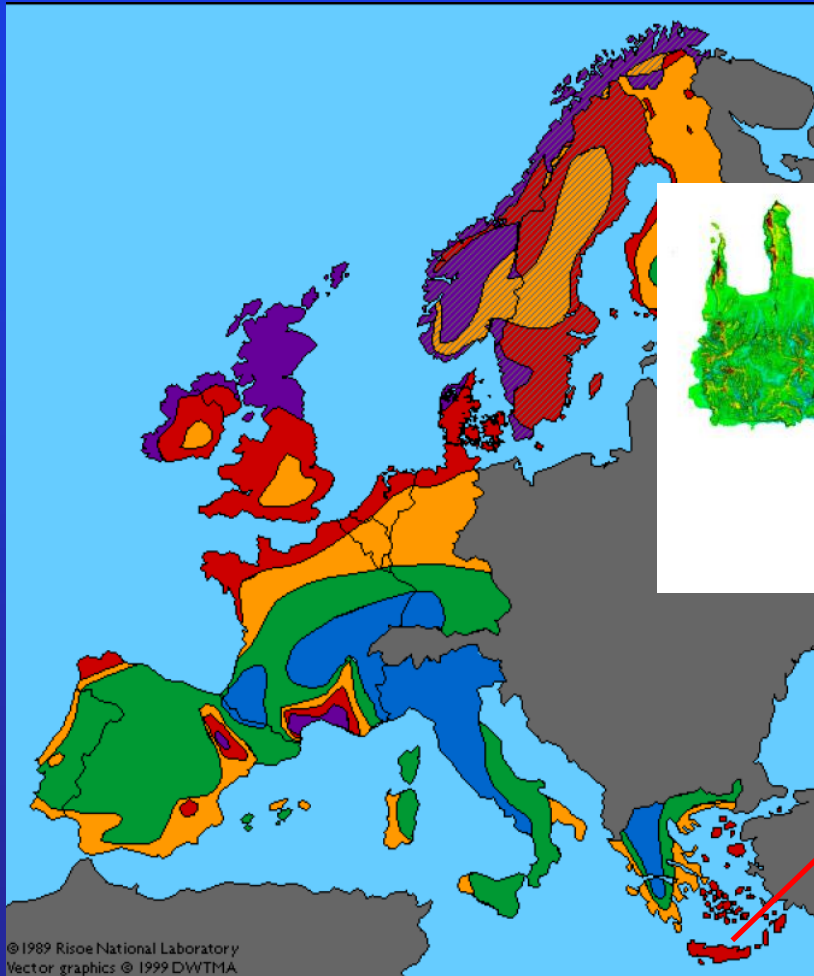
Χωροθέτηση Ανεμογεννητριών

Κυριότερα Κριτήρια

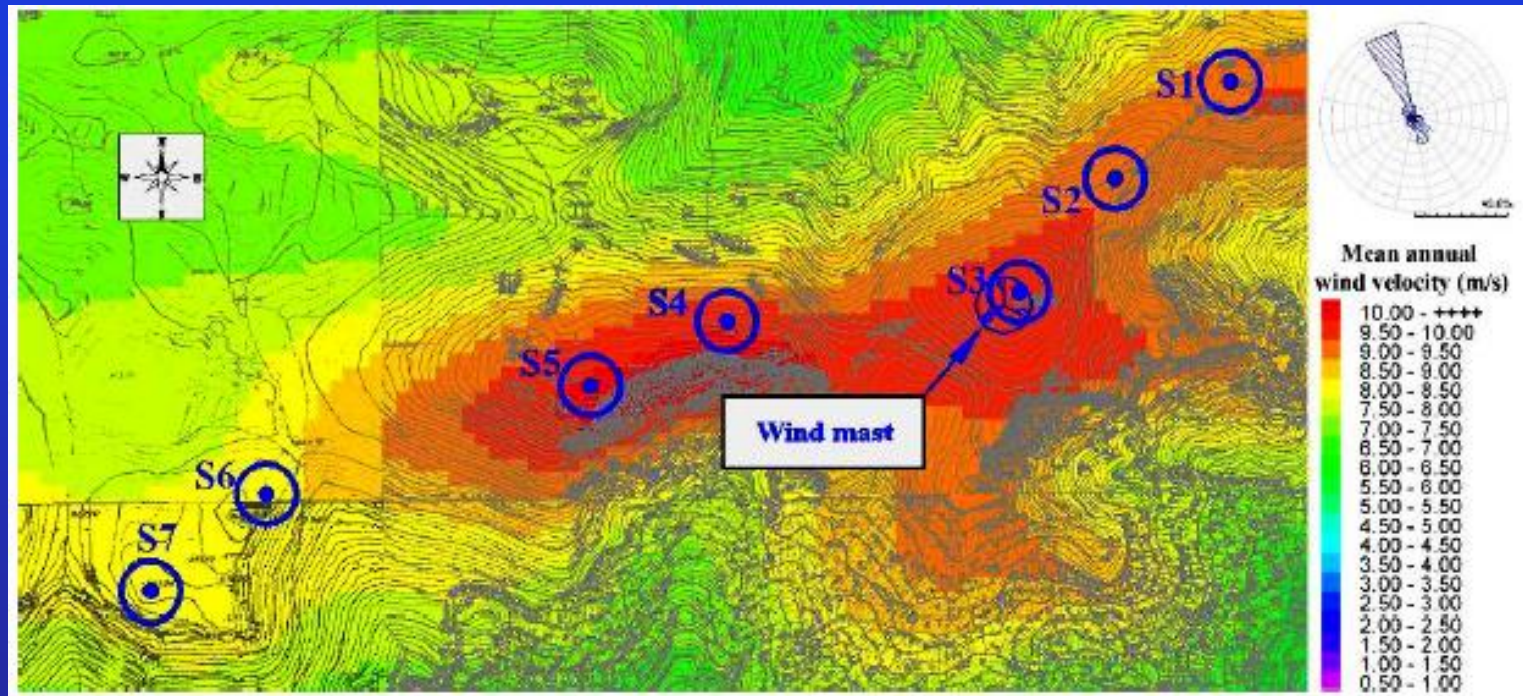
- Ελάχιστη απόσταση μεταξύ τους ίση με τρεις διαμέτρους πτερωτής για την αποφυγή υπερβολικών απωλειών σκίασης
- Διεύθυνση Ανέμου
- Ανάγλυφο-Διαθέσιμη γη
- Μέγιστη Μέση Ετήσια Ταχύτητα Ανέμου
- Χαρακτηριστικά Ανέμου



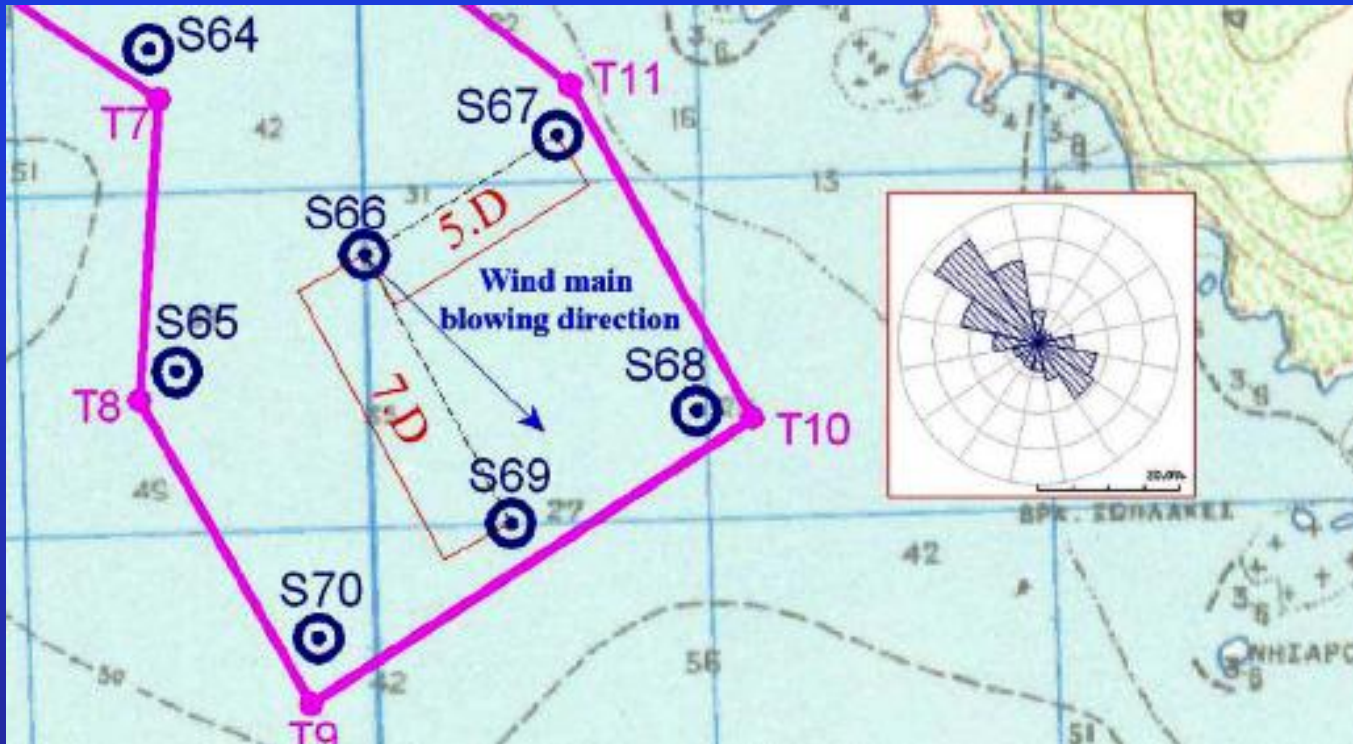
Χωροθέτηση Ανεμογεννητριών



Χωροθέτηση Ανεμογεννητριών

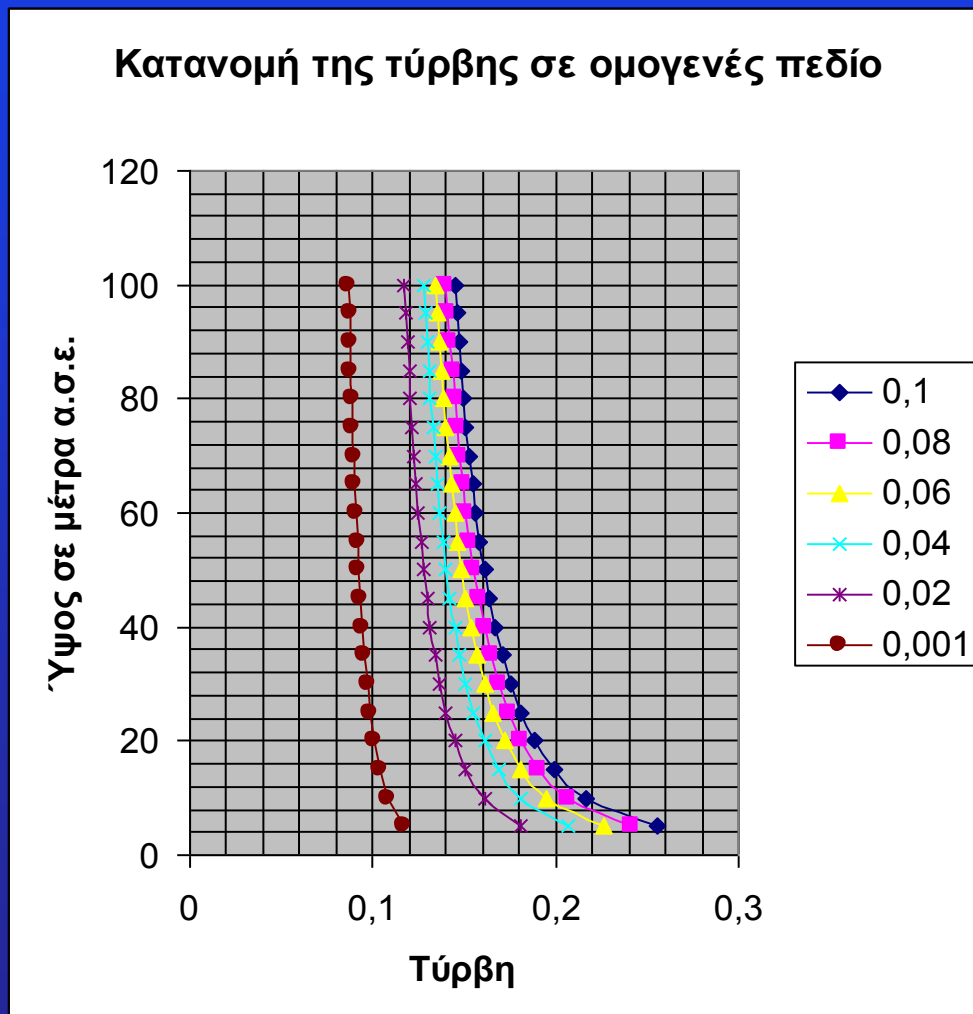


Χωροθέτηση Ανεμογεννητριών



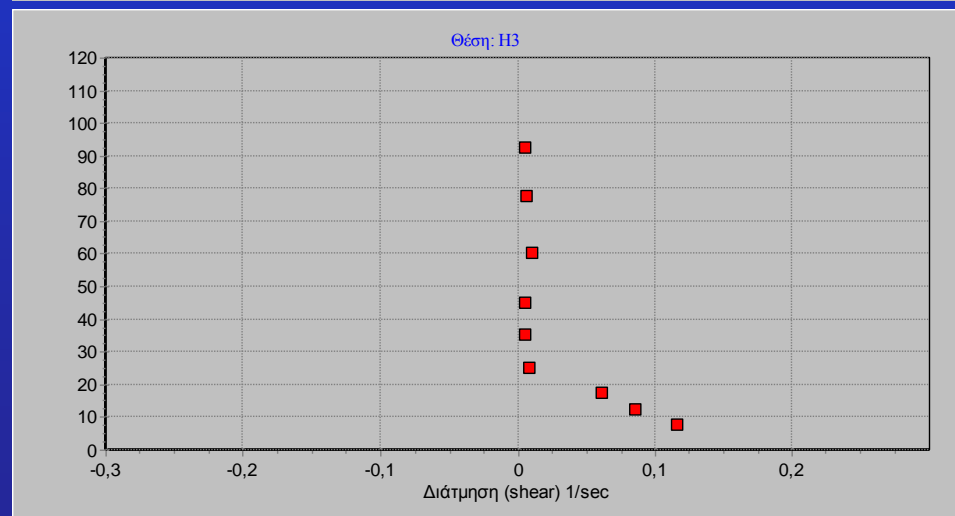
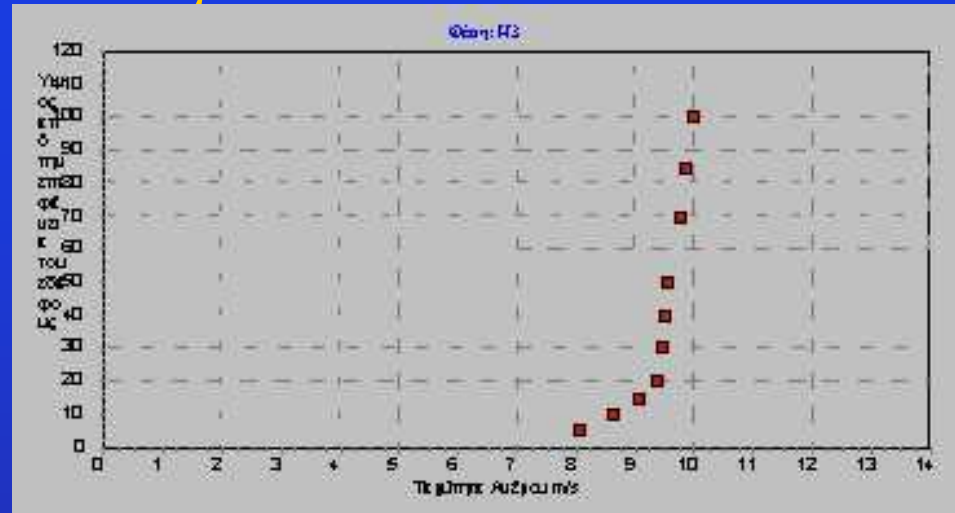
Χαρακτηριστικά Ανέμου – Τύρβη

- Δημιουργία κοπωτικών φορτίων με αποτέλεσμα την μείωση της διάρκειας ζωής
- Επίδραση στην ποιότητα ισχύος
- Λειτουργικά προβλήματα στα Αιολικά Πάρκα
- Άμεση εξάρτηση από την τραχύτητα του εδάφους και την ταχύτητα του ανέμου



Χαρακτηριστικά Ανέμου – Shear

- Η κλίση της κατανομής καθ' ύψος επηρεάζει την κόπωση των πτερυγίων αλλά και την συμπεριφορά τους σε σχέση με τον πυλώνα.
- Η κλίση της κατανομής καθ' ύψος πρέπει να μελετηθεί ανά διεύθυνση για την εξάλειψη της πιθανότητας ανάπτυξης μεγίστων διάτμησης και κρούσης των πτερυγίων με τον πυλώνα.
- Πνοή με θετική κλίση (διάτμηση) είναι επιθυμητή και συμβατή με τις απαιτήσεις των κατασκευαστών



Επιλογή ανεμογεννητριών

Το μέγεθος των ανεμογεννητριών επιλέγεται από κλίμακα τύπων Α/Γ με ευρεία εφαρμογή και με πλήρη πιστοποιητικά. Πρέπει να σημειωθεί ότι ένας από τους παράγοντες που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψιν στην επιλογή αυτή είναι και η δυνατότητα εξεύρεσης κατάλληλου γερανού στην Ελλάδα.

Ο αριθμός των ανεμογεννητριών, επιλέγεται με βάση τη διαθέσιμη έκταση του οικοπέδου και τον Αιολικό χάρτη της περιοχής έτσι, ώστε να επιτευχθεί ο μέγιστος συντελεστής απασχόλησης (capacity factor). Η ικανότητα του δικτύου της ΔΕΗ (γραμμή μεταφοράς) και το όλο ηλεκτρολογικό μέρος του Αιολικού αυτού σταθμού είναι παράμετροι για το σχεδιασμό του αιολικού πάρκου.



Υπολογισμοί βασικών τμημάτων συστήματος

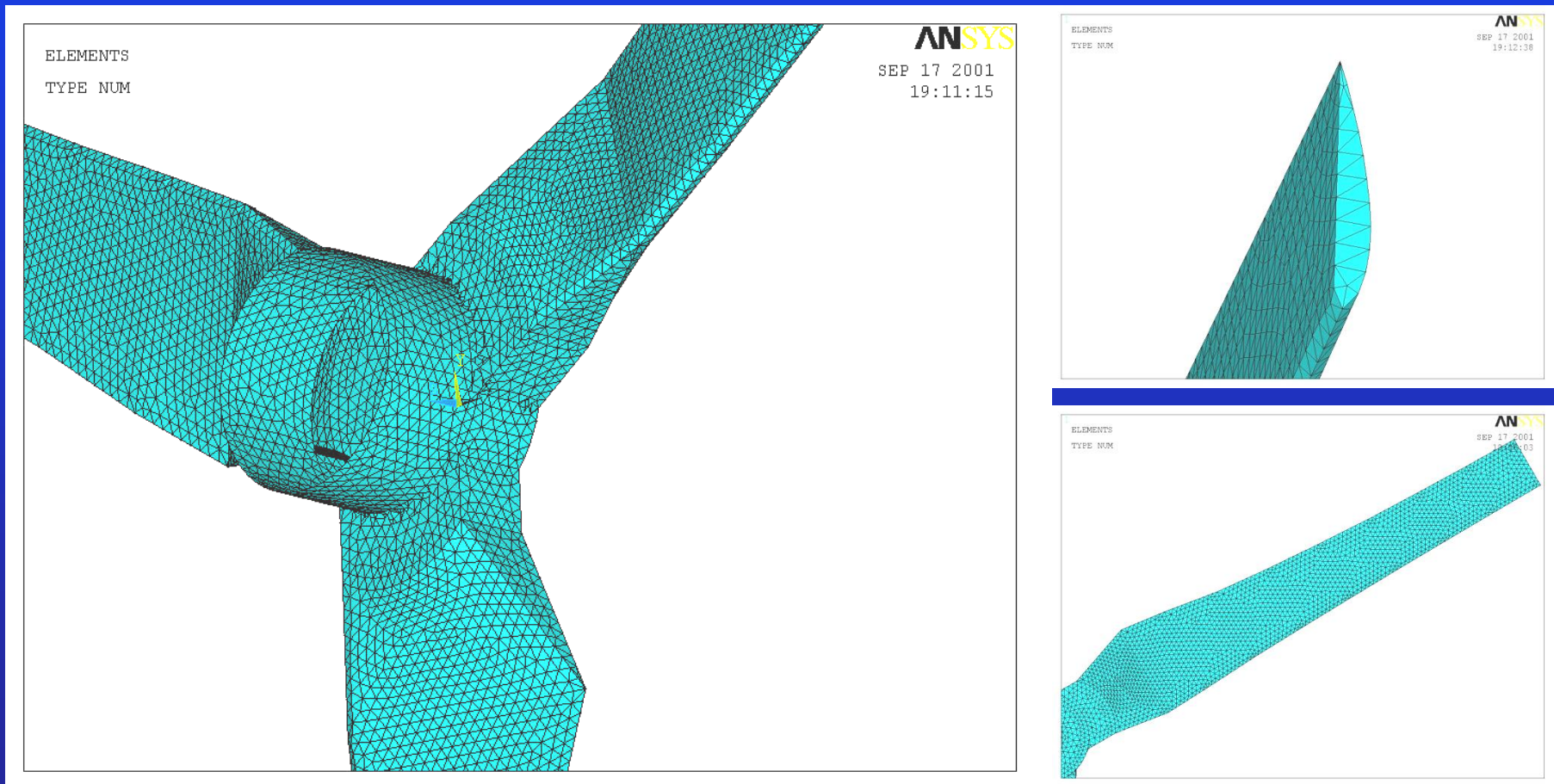
Υπολογισμοί πτερυγίων

Υπολογισμοί Πυλώνα

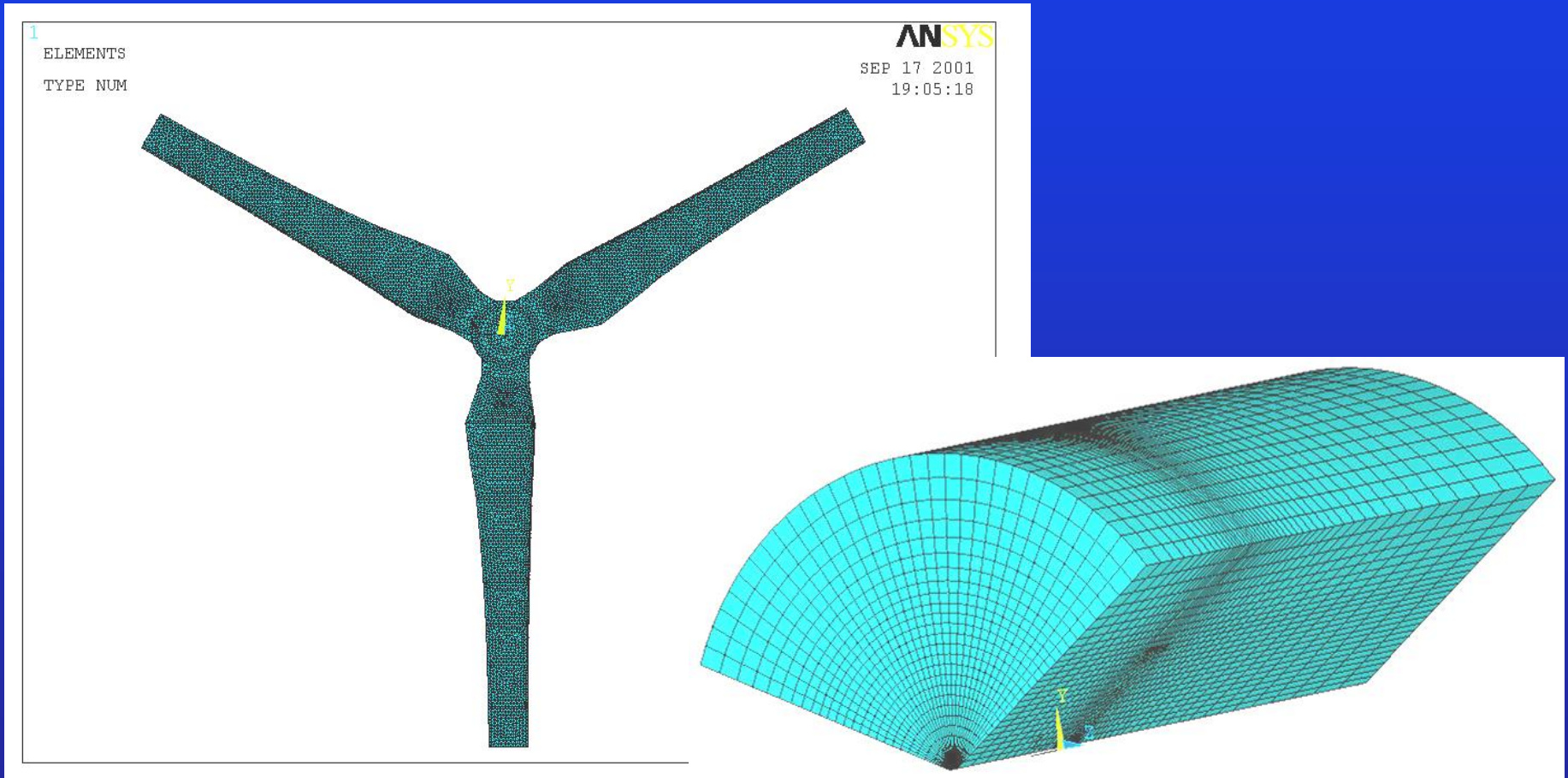
Υπολογισμοί Θεμελίου



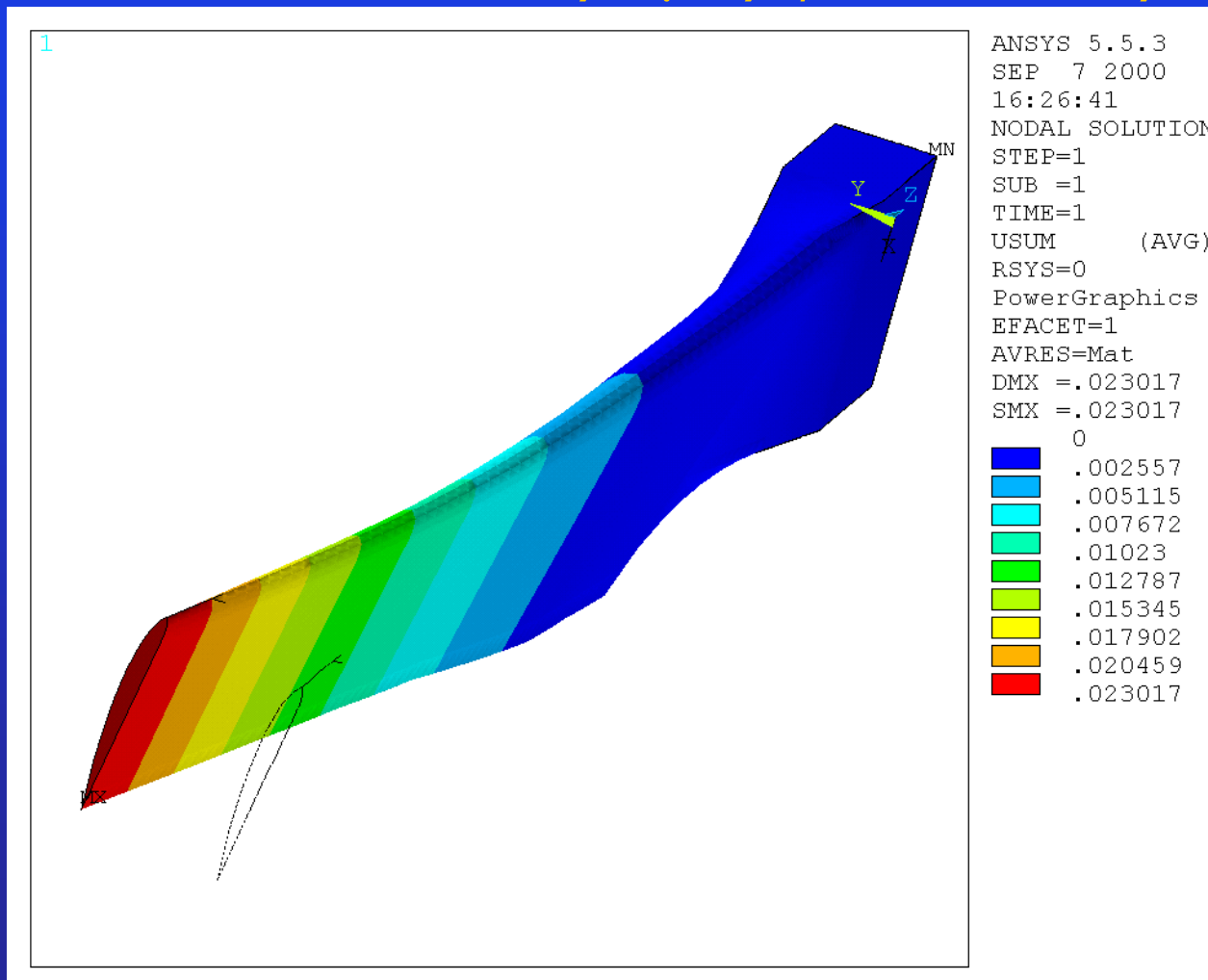
Διακριτοποίηση πτερύγωσης



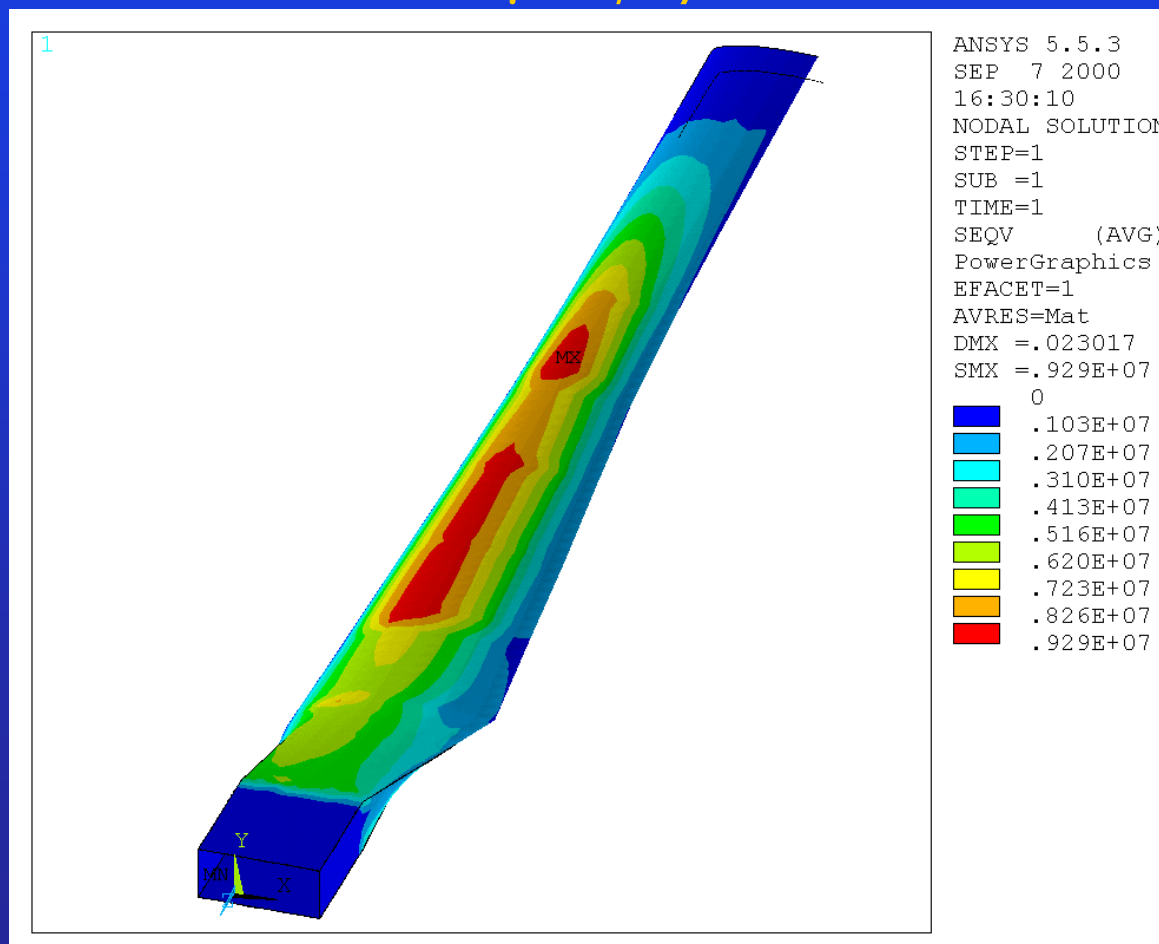
Υπολοισμοί πτερύγωσης με πεπερασμένα στοιχεία



Μέγιστες ελαστικές παραμορφώσεις πτερυγίου



Μέγιστες τάσεις στην περύγωση για τον χειρότερο συνδυασμό φορτίσεων



Υπολογισμοί πυλών

- Έλεγχος αντοχής υπό συνθήκες κανονικής λειτουργίας
- Έλεγχος αντοχής σε κόπωση
- Έλεγχος ευστάθειας
- Ιδιομορφική ανάλυση
- Δυναμική ανάλυση με εισαγωγή φάσματος φορτίων (load spectra)

Φορτία Υπολογισμού:

- Βάρος
- Αεροδυναμικό διατμητικό φορτίο
- Ροπή λόγω αεροδυναμικού διατμητικού φορτίου
- Ροπή λόγω περιστροφής ρότορα
- Ροπή λόγω εκκεντρότητας Κ.Β. Νασέλας
- Ροπή στρέψης λόγω περιστροφής Νασέλας
- Σεισμικό φορτίο



Συνδυασμοί φορτίσεων

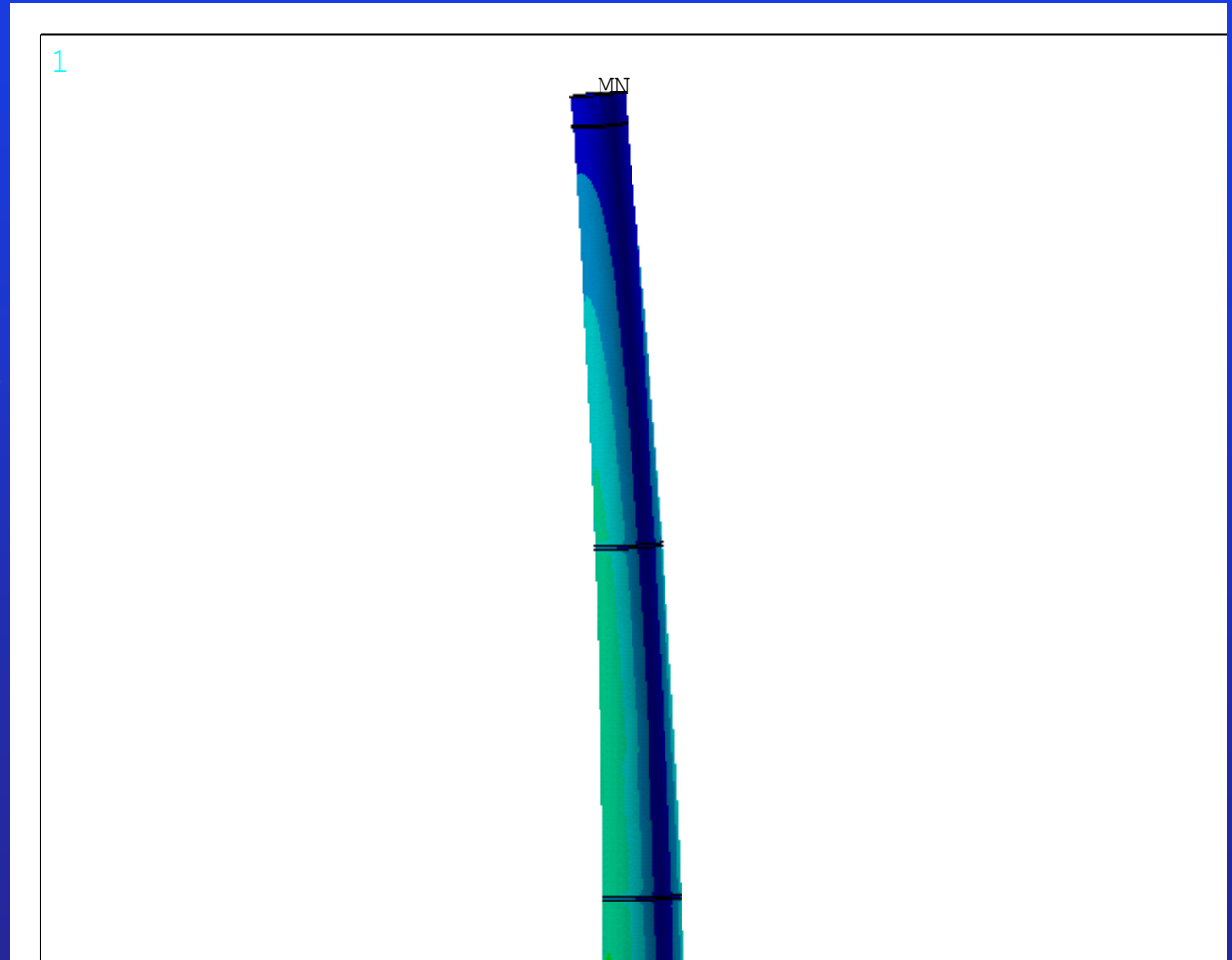
- Συνδυασμός κανονικής λειτουργίας με σεισμό
(Ιδιον βάρος-φορτία κανονικής λειτουργίας-εκκεντρότητα-σεισμός)
- Συνδυασμός λειτουργίας υπό ακραίες συνθήκες
(Ιδιον βάρος-καταιγίδα 10' -βλάβες-βραχυκύκλωμα)
- Συνδυασμός επιβίωσης (ριπαίος άνεμος)
(Ιδιον βάρος-ριπή ανέμου 5 sec, gust)
- Συνδυασμός κόπωσης
(Ιδιον βάρος-φορτία κόπωσης)

Για κάθε συνδυασμό φόρτισης τα φορτία υπολογισμού προσαυξάνονται σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς

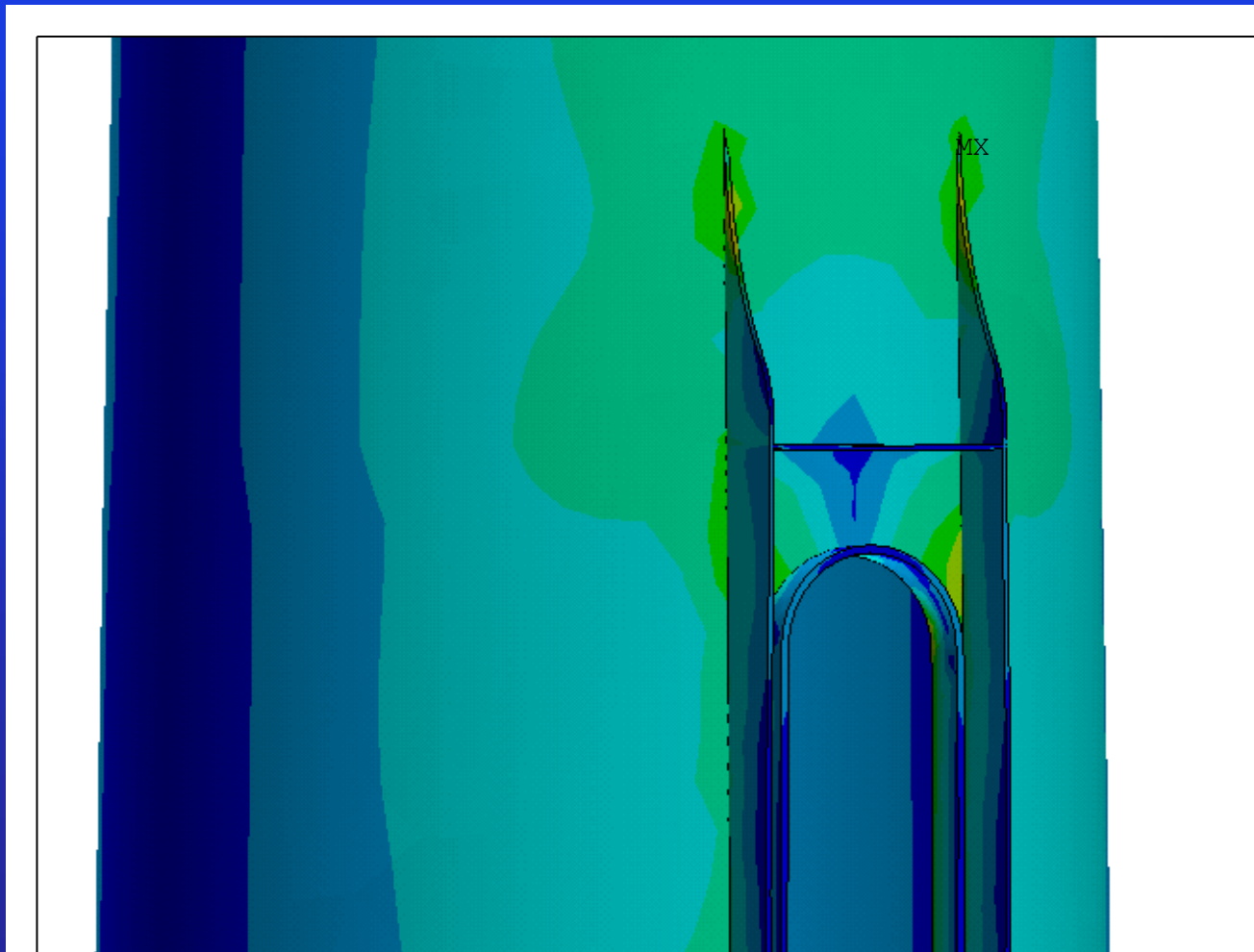


Αποτελέσματα ανάλυσης πυλώνα

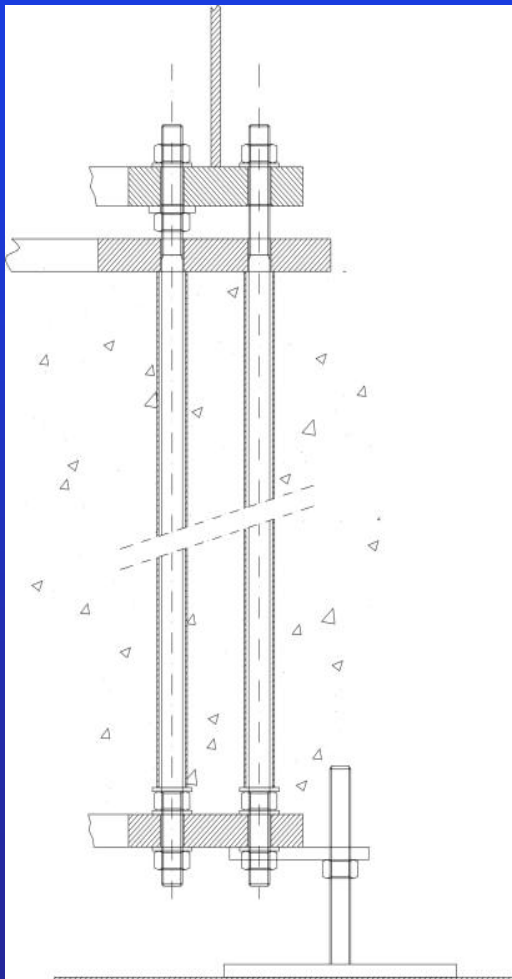
- Τάσεις κατά Von Mises στον πυλώνα στο δυσμενέστερο συνδυασμό φόρτισης.



Ανθρωποθυρίδα πυλώνα



Τρόποι σύνδεσης θεμελίου-πυλώνα



Θεμελιώσεις

- Τύποι θεμελιώσεων: Κυκλική Τετραγωνική Οκταγωνική
- Υπολογισμός θεμελίου: Διάγραμμα ροπών

$$\frac{1}{r} \frac{\partial Q_\phi}{\partial \phi} + \frac{\partial Q_r}{\partial r} + \frac{1}{r} Q_r = -[q_{(r,\phi)} - P_{(r,\phi)}]$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial M_\phi}{\partial \phi} + \frac{\partial M_{r\phi}}{\partial r} + \frac{2}{r} M_{r\phi} = Q_\phi$$

$$\frac{\partial M_r}{\partial r} + \frac{\partial M_{r\phi}}{\partial \phi} + \frac{1}{r} (M_r - M_\phi) = Q_r$$

$$M_r = -K \left[\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \mu_B \left(\frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 w}{\partial \phi^2} \right) \right]$$

$$M_\phi = -K \left[\left(\frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 w}{\partial \phi^2} \right) + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} \right]$$

$$M_{r\phi} = -K(1-\mu) \left(\frac{1}{r} \frac{\partial^2 w}{\partial r \partial \phi} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 w}{\partial \phi^2} \right)$$

$$W_{(\alpha)}^{\text{II}} \Big|_{\alpha=1} = W_{(1)}^{\text{I}}$$

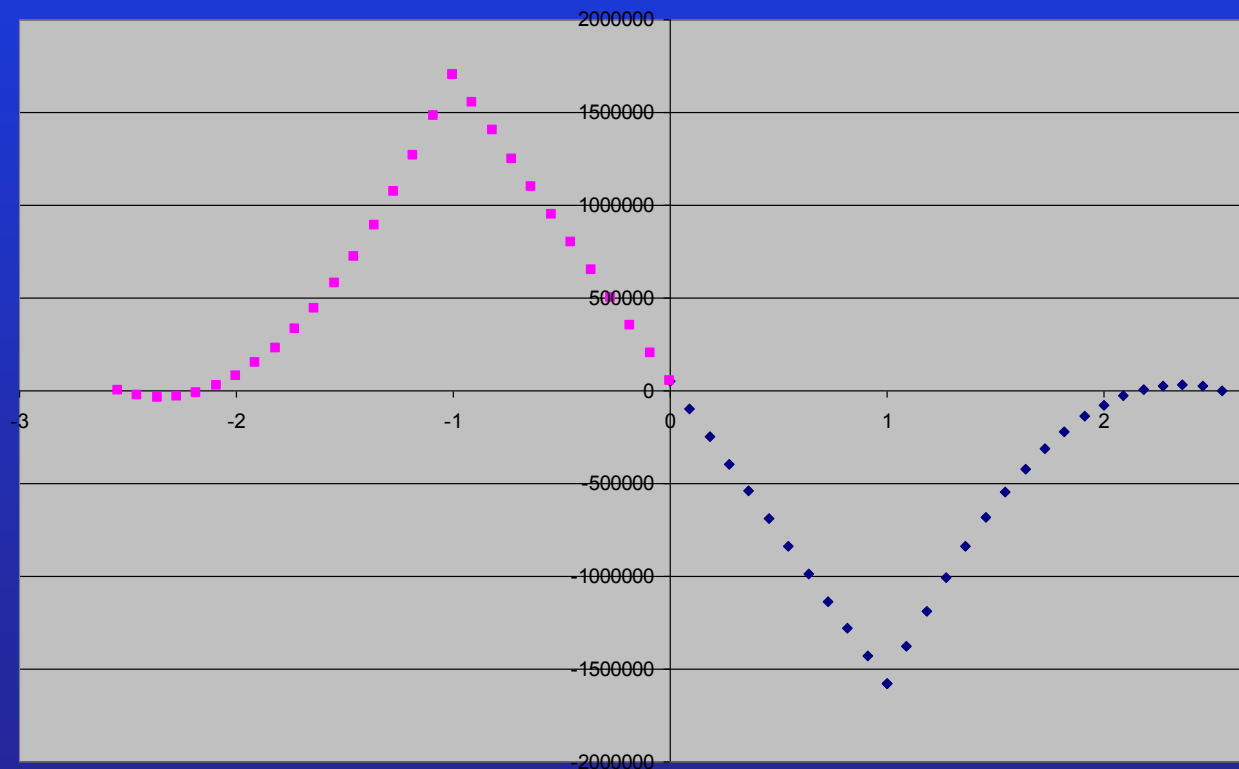
$$\frac{dW^{\text{II}}}{dr} \Big|_{\alpha=1} = \frac{dW^{\text{I}}}{dr} \Big|_{\beta=1}$$

$$M_{r(1)}^{\text{II}} = M_{r(1)}^{\text{I}}$$

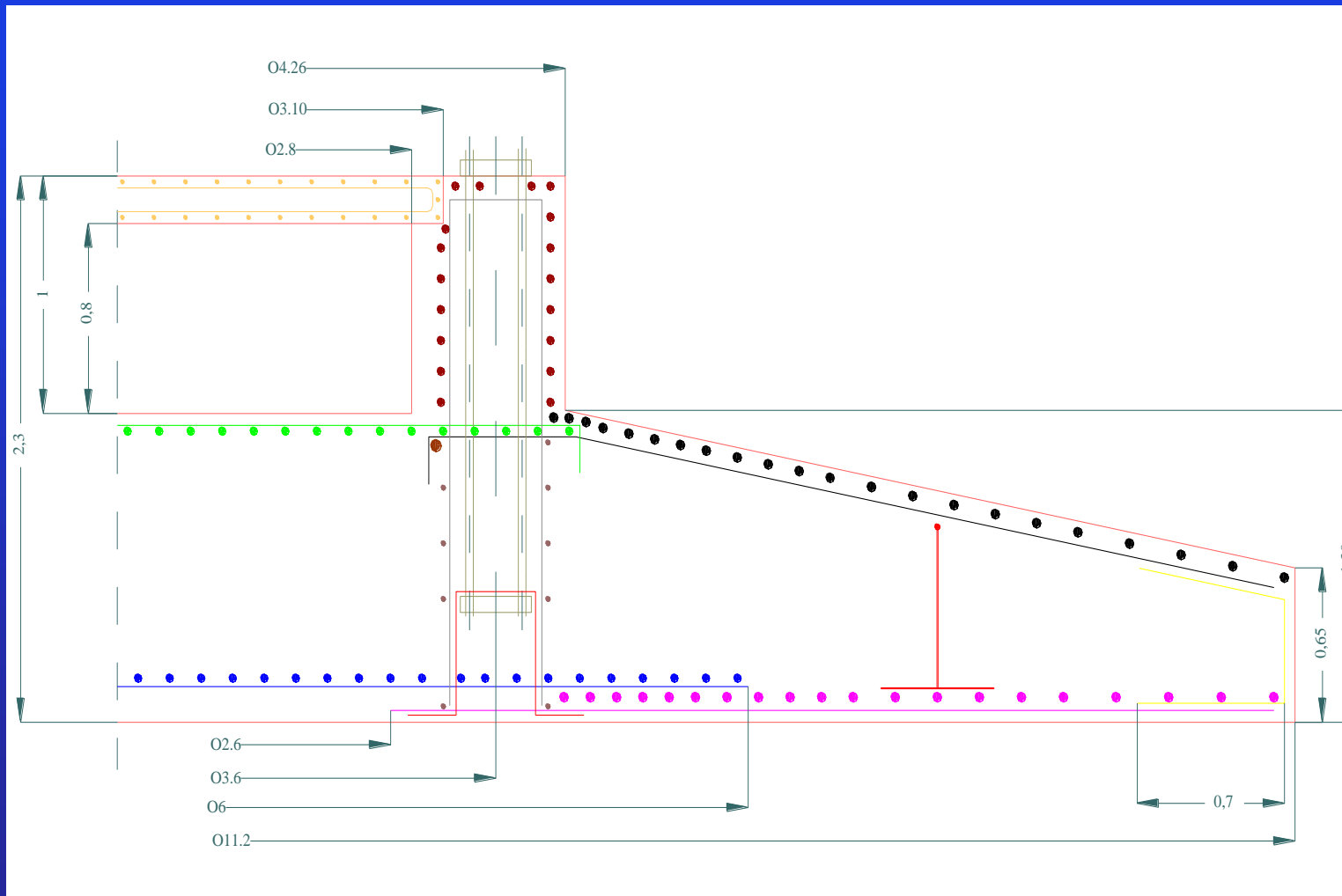
$$M_r(\beta) \Big|_{\beta=2,545} = 0$$

$$Q_r^{\text{I}} - Q_r^{\text{II}} \Big|_{\alpha=\beta=1} = V$$

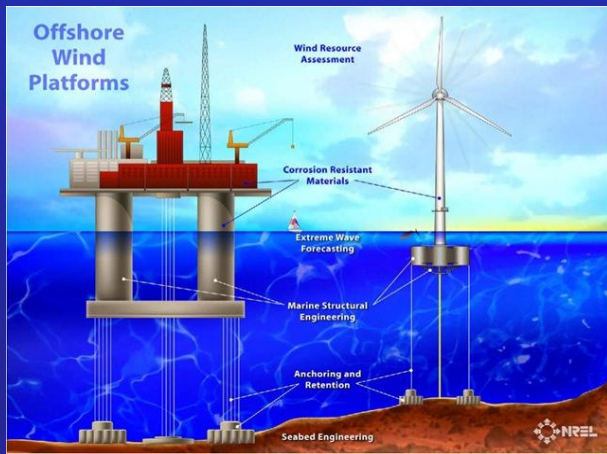
$$Q_r^{\text{I}}(\beta) \Big|_{\beta=2,545} = 0$$



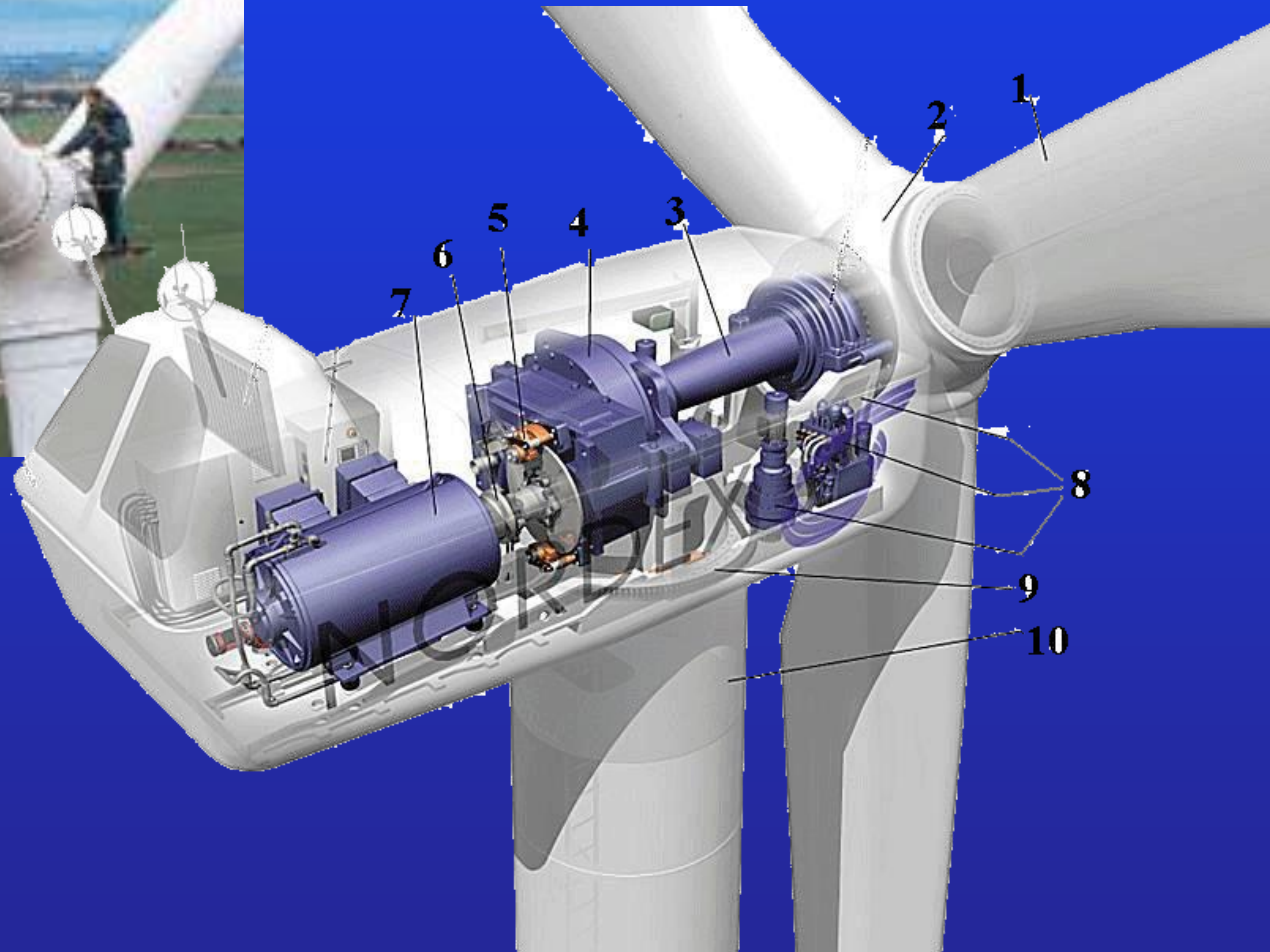
Σχεδιασμός θεμελίου



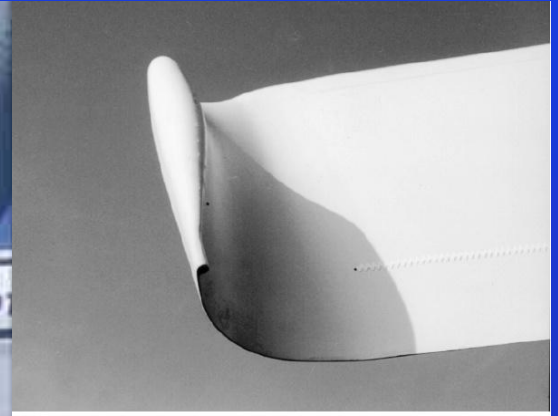
Τύποι ανεμογεννητριών



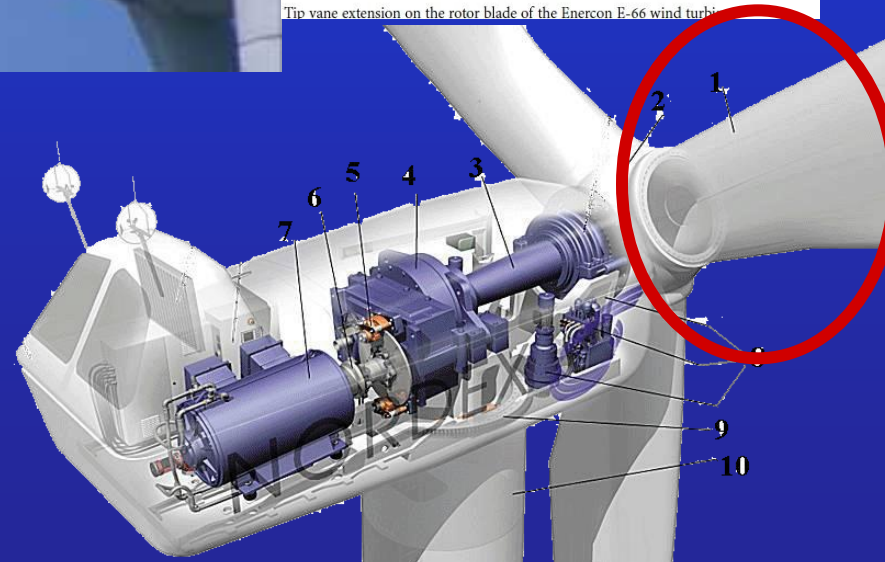
Μέρη ανεμογεννήτριας



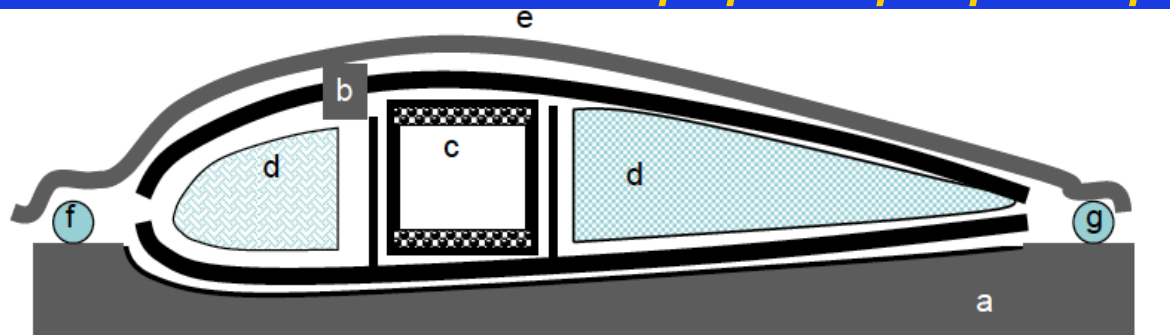
Μέρη ανεμογεννήτριας



Tip vane extension on the rotor blade of the Enercon E-66 wind turbine

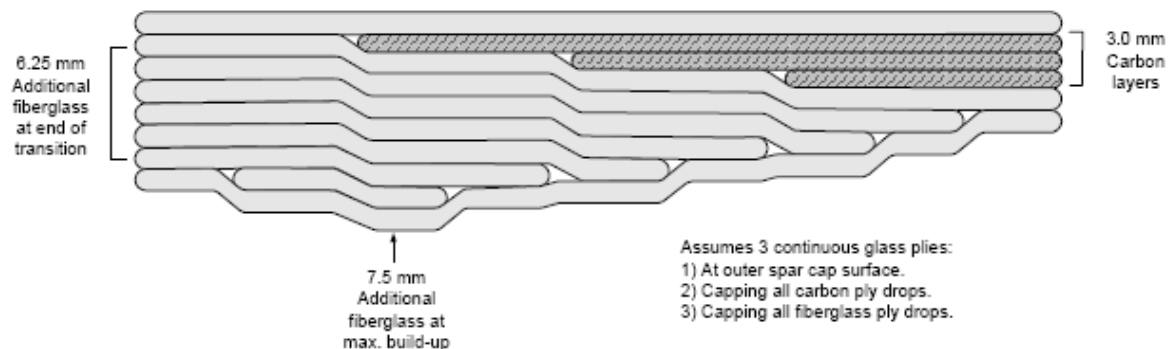


Μέρη ανεμογεννήτριας

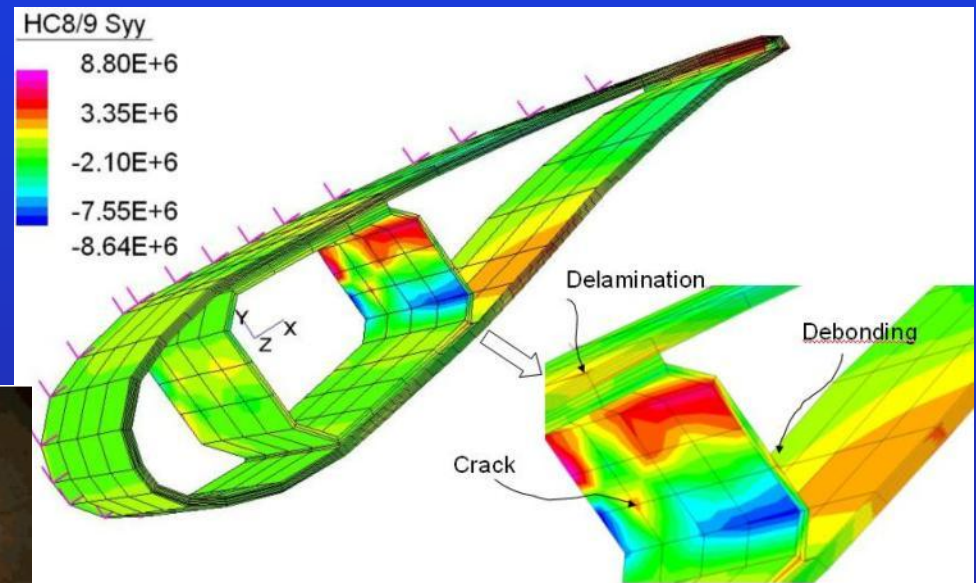


- a) Tool
- b) Dry Fabric
- c) Pultruded Spar
- d) Profiled Balsa Cores
- e) Vacuum Bag
- f) Resin inlet
- g) Vacuum outlet

Figure 12. An alternative approach whereby individual elements such as the pultruded spar, c, and profiled balsa cores, d, are consolidated into a single blade via an infusion process. The skins and connection layer, b, would be dry glass fabrics.



Μέρη ανεμογεννήτριας



Μέρη ανεμογεννήτριας

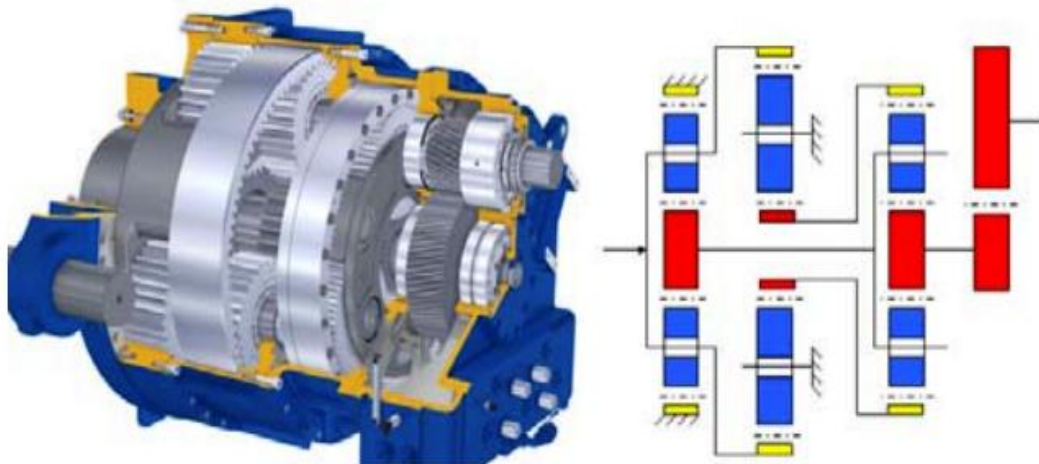
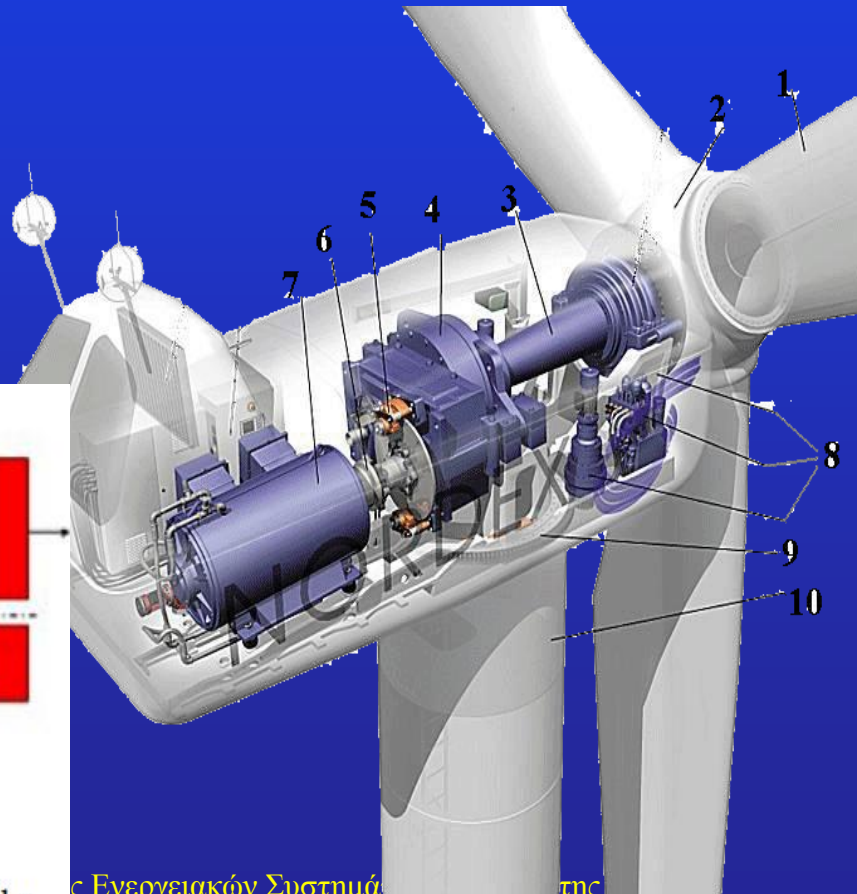
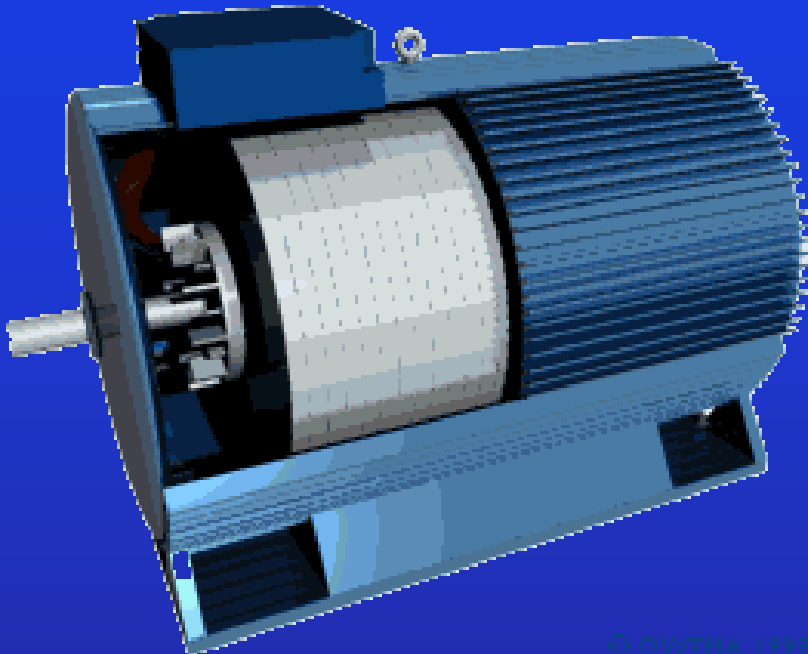


Fig. 4 Differential gearbox, Bosch Rexroth, working principle

Μέρη ανεμογεννήτριας



© DWTMA 1998



Μέρη ανεμογεννήτριας



Μέρη ανεμογεννήτριας



Έργα Υποδομής

Έργα Πολιτικού Μηχανικού (έργα υποδομής)

- Δρόμοι προσπέλασης και εσωτερικής οδοποιίας
- Κανάλια καλωδίων και φρεάτια επίσκεψης καναλιών
- Διαμόρφωση Πλατειών
- Βάσεις θεμελίωσης
- Οικίσκος ελέγχου



Έργα υποδομής

**Δρόμος
πρόσβασης**



**Διαμόρφωση
Πλατείας**



Σχεδιασμός έργων υποδομής



Μεταφορά εξοπλισμού



Νασέλλες και πτερυγώσεις
στο λιμάνι του Ηρακλείου
Κρήτης



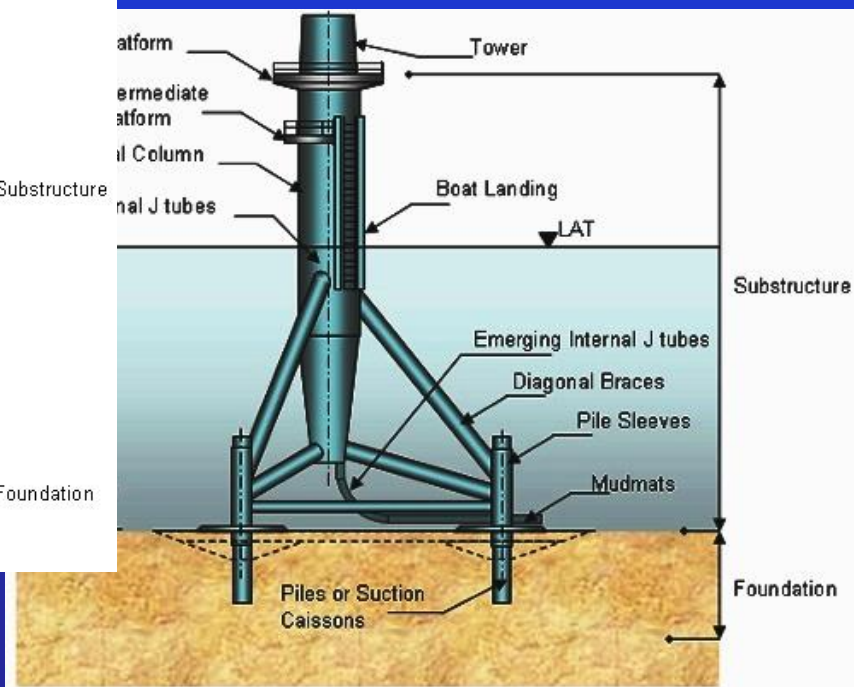
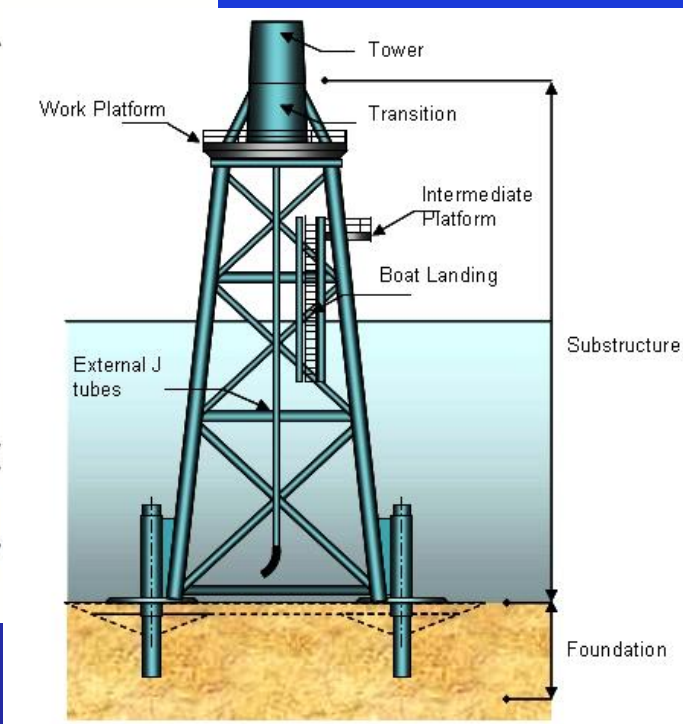
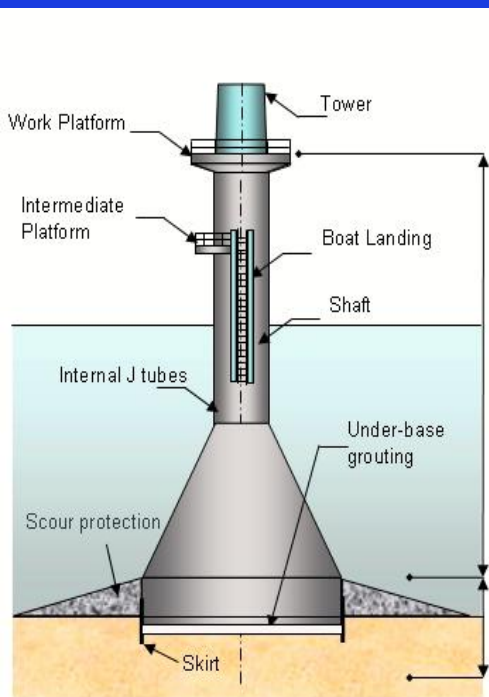
Μεταφορά εξοπλισμού



Θεμελίωση



Θεμελίωση

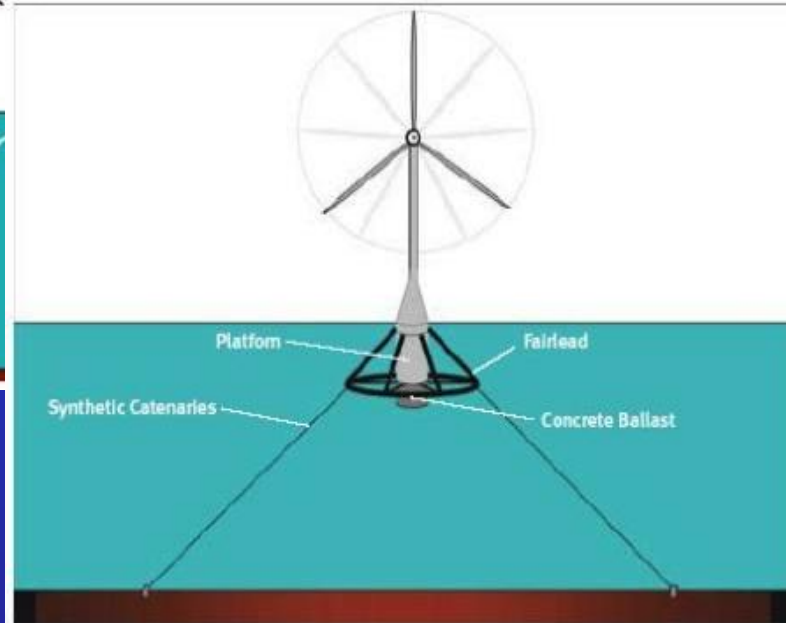


Θεμελίωση

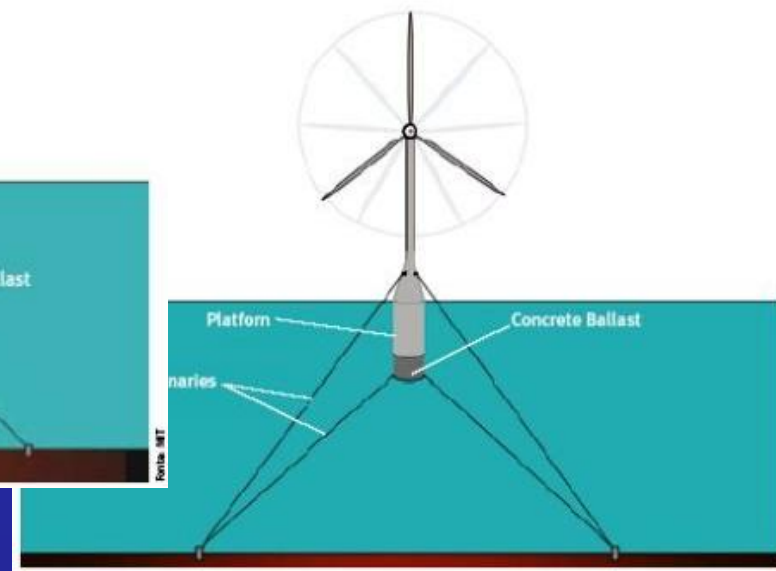
TENSION LEG PLATFORM FLOATER



HYBRID TLP-SPAR FLOATER WITH TAUGHT CATENARIES



JOY FLOATER WITH TAUGHT CATENARIES



Μεταφορά εξοπλισμού στον χώρο εγκατάστασης



Εγκατάσταση Αιολικού Πάρκου

• Ανέργεση πυλώνων



Εγκατάσταση



Εγκατάσταση νασέλας και πτερύγωσης



Εγκατάσταση πτερύγωσης



Διασύνδεση με Ηλεκτρικό Δίκτυο

Σύμφωνα με την Οδηγία Διανομής Νο 129 υπάρχουν 2 βασικοί τρόποι για διασύνδεση αιολικών πάρκων με ηλεκτρικό δίκτυο:

- **Σύνδεση στο δίκτυο διανομής Μ.Τ.** (:θα πρέπει να εξεταστούν οι δυνατότητες του υπάρχοντος δικτύου διανομής ΜΤ για να διαπιστωθεί η επάρκεια για απορρόφηση του επιπλέον φορτίου που θα προέρχεται από την εγκατάσταση του Αιολικού Πάρκου. Ο τρόπος αυτός αφορά μόνο μικρά αιολικά πάρκα ισχύος μικρότερης των 3,5 MW.)
- **Σύνδεση σε υποσταθμό Μ.Τ. - Υ.Τ.**



Γραμμή Διασύνδεσης με Ηλεκτρικό Δίκτυο

Σύνδεση
απευθείας
στο δίκτυο
διανομής
Μ.Τ.



Σύγκριση κόστους σύνδεσης

ΕΙΔΟΣ ΔΑΠΑΝΗΣ	Σύνδεση στη Μ.Τ.		Σύνδεση σε Υ.Σ Μ.Τ.-Υ.Τ.	
	ΚΟΣΤΟΣ	%	ΚΟΣΤΟΣ	%
Υποδομή (€)	481.604	12,12%	481.604	9,65%
Κύριος εξοπλισμός (€)	2.773.500	69,79%	2.773.500	55,56%
Μεταφορικά (€)	370.200	9,32%	370.200	7,42%
Εδικός Ηλεκ/Μηχ. Εξοπλισμός (€)	129.054	3,25%	129.054	2,59%
Σύνδεση με το δίκτυο (€)	152.800	3,84%	1.170.187	23,44%
Αμοιβές εξωτερικών συμβούλων (€)	62.000	1,56%	62.000	1,24%
Απρόβλεπτα – Διαχείριση (€)	5.000	0,13%	5.000	0,10%
Συνολικό κόστος Αιολικού Πάρκου (€)	3.974.158	100%	4.991.545	100%
Κόστος ανά εγκατεστημένο kW (€/kW)	1.104	3,6	1.387	3,6



Δοκιμές-Έναρξη λειτουργίας

• Ηλέκτριση (commissioning)

- Αρχικά γίνεται η σύνδεση των υπογείων καλωδίων μέσης τάσης με τους πίνακες του πάρκου και μέσω των αποζευκτικών – μετρητικών διατάξεων οδηγούνται στους τερματικούς στύλους του εναέριου δικτύου της ΔΕΗ.
- Αφού έχουν ετοιμαστεί οι εγκαταστάσεις υποδοχής του εναέριου δικτύου της ΔΕΗ στο Υ/Σ, γίνεται η διασύνδεση του απευθείας με το δίκτυο διανομής ΜΤ βάσει των προδιαγραφών της ΔΕΗ και γίνεται έλεγχος – δοκιμή των συστημάτων στους υποσταθμούς του πάρκου.



Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων 1

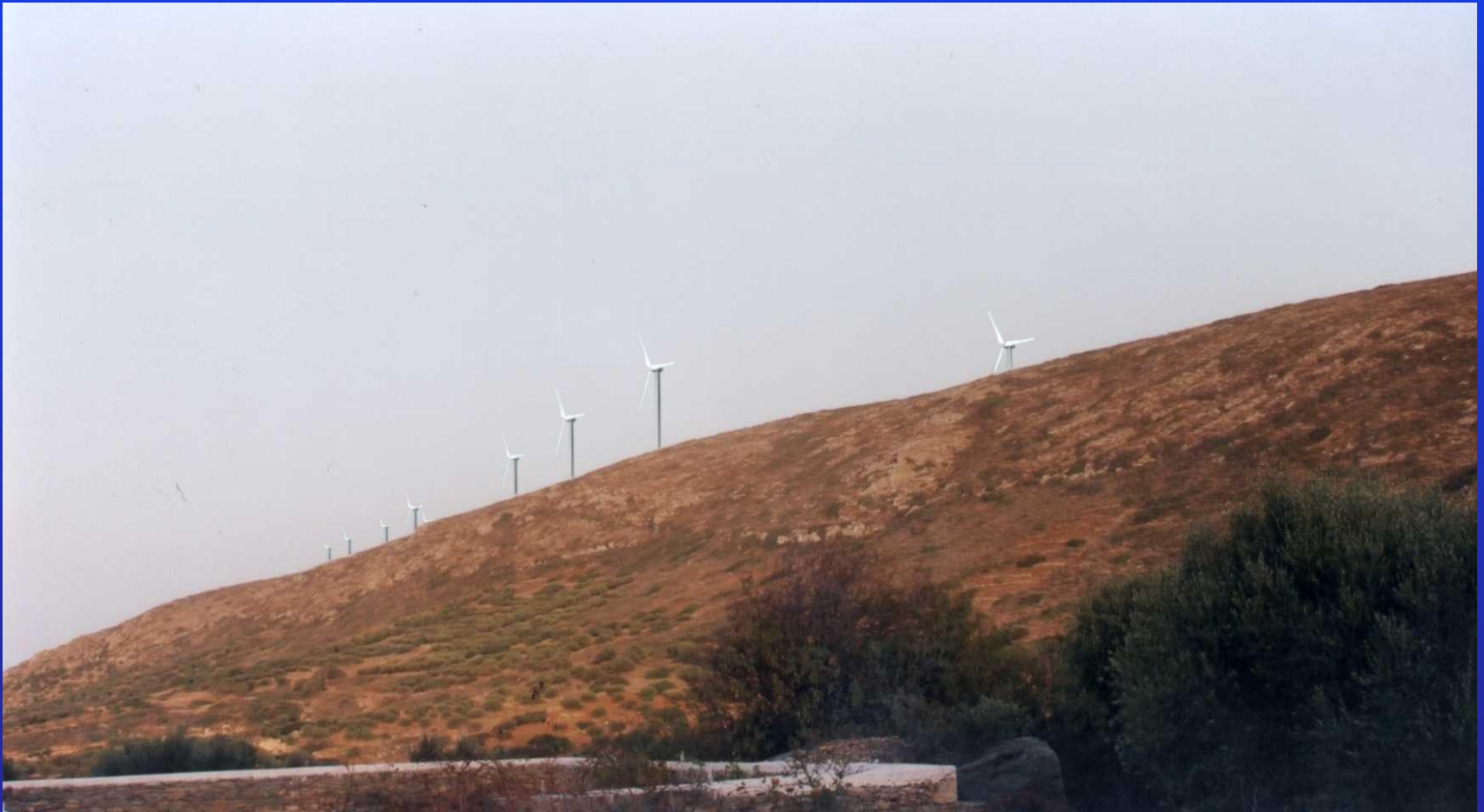
•Οπτική όχληση

Η αντίδραση στη θέα των Αιολικών Πάρκων είναι υποκειμενική. Πολλοί άνθρωποι βλέπουν με συμπάθεια τη Αιολική ενέργεια ως σύμβολο της καθαρής ενέργειας όχι όμως και το τοπίο τοποθέτησης.

Η μελέτη οπτικής όχλησης περιλαμβάνει αναπαράσταση του Αιολικού πάρκου με φωτορεαλισμό και εικονική τοποθέτηση των ανεμογεννητριών πάνω στο ψηφιακό μοντέλο του εδάφους.



Φωτορεαλισμός Α



*Η Τεχνολογία των Αιολικών Πάρκων
και οι Προοπτικές Ανάπτυξης Αιολικών Σταθμών Ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα*

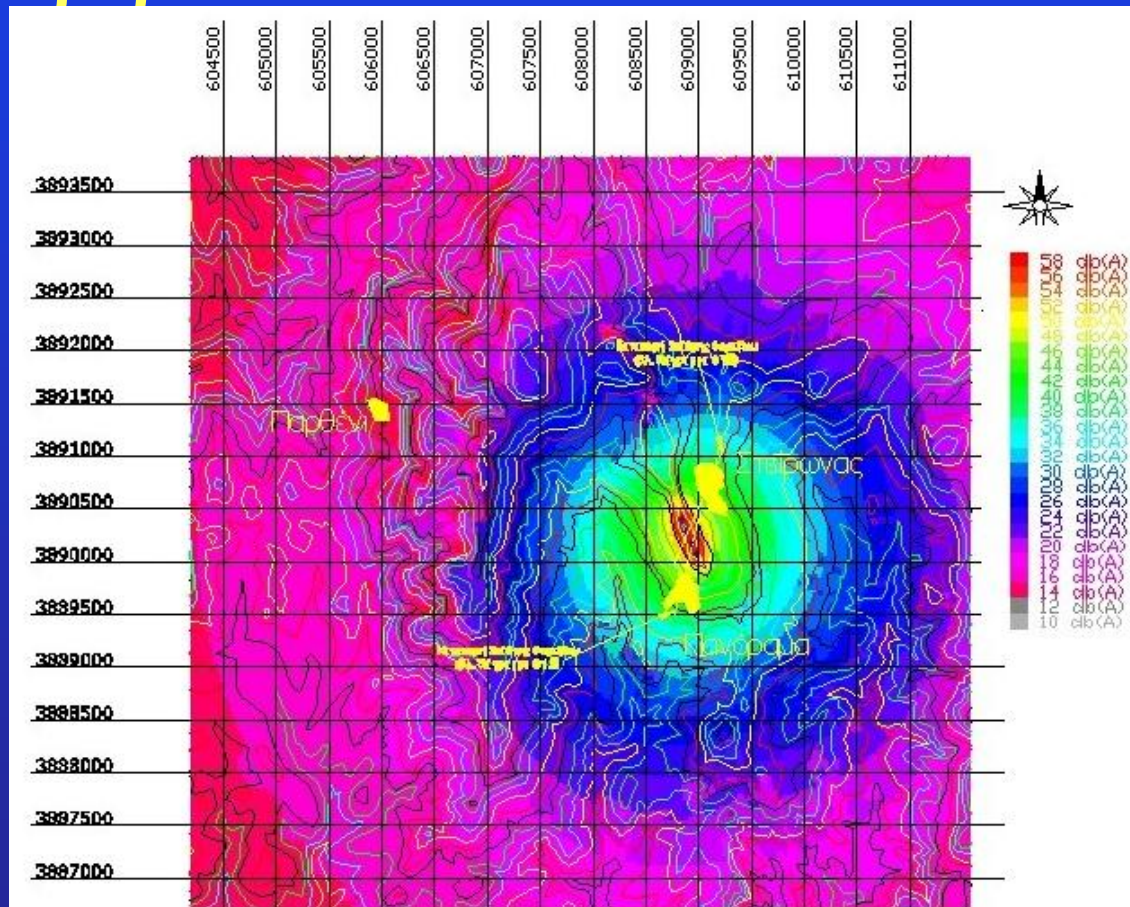
Φωτορεαλισμός Β



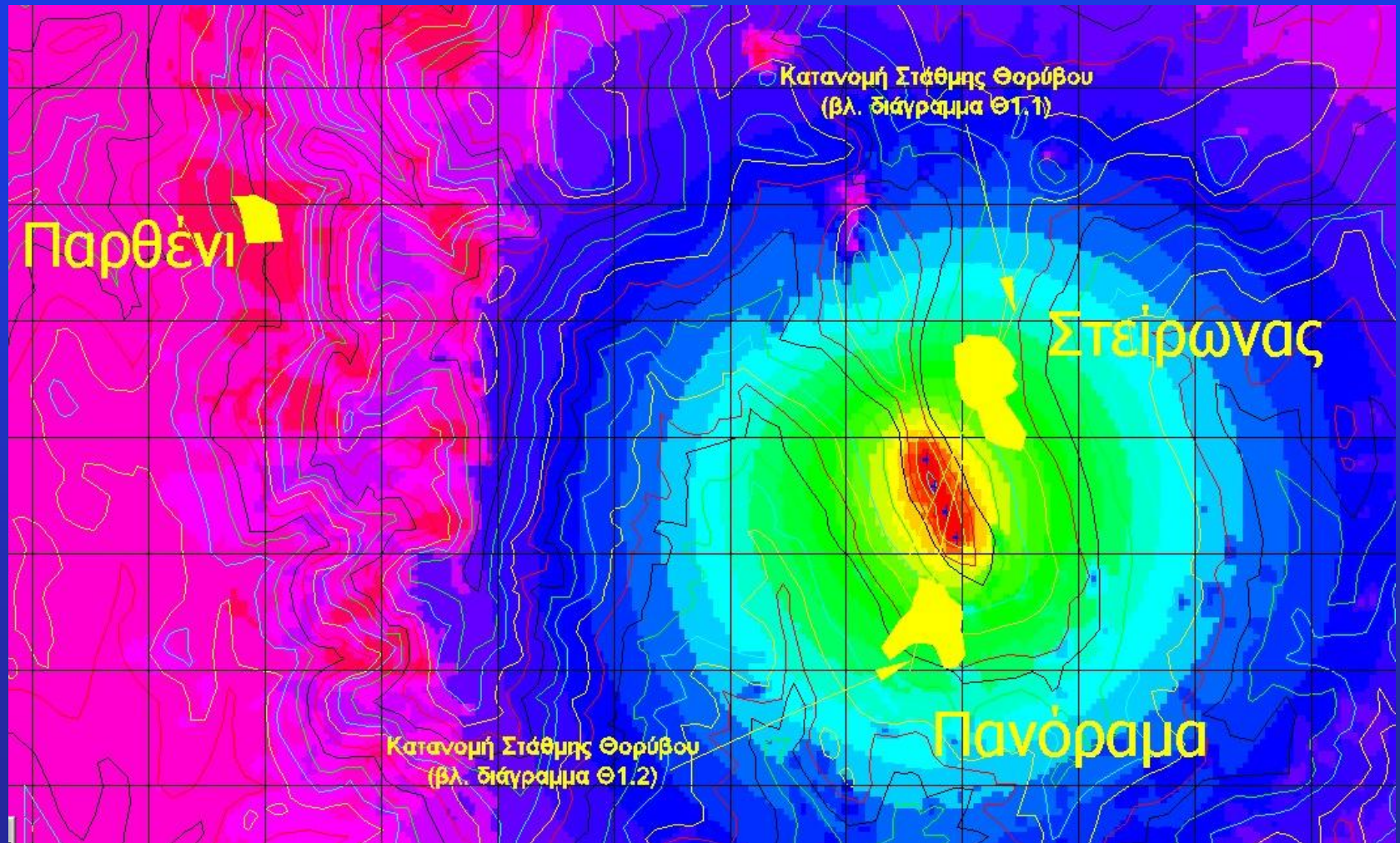
Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας και Σύνθεσης Ενεργειακών Συστημάτων, ΤΕΙ Κρήτης,
71500 Εσταυρωμένος, Ηράκλειο, www.wel.gr, Tel, Fax: 2810 256191, email: condax@cs.teicrete.gr

Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων 2

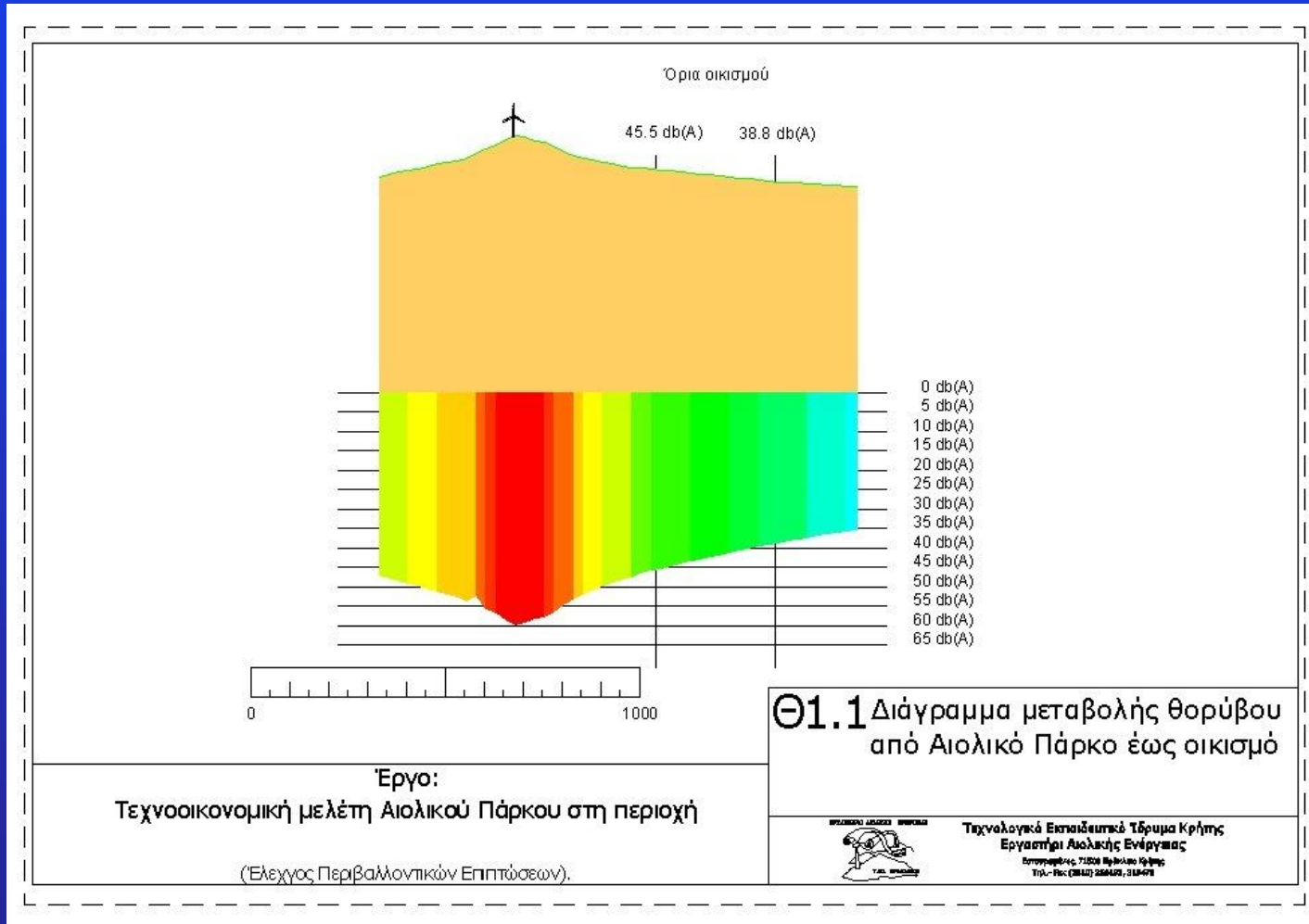
•Μελέτη θορύβου



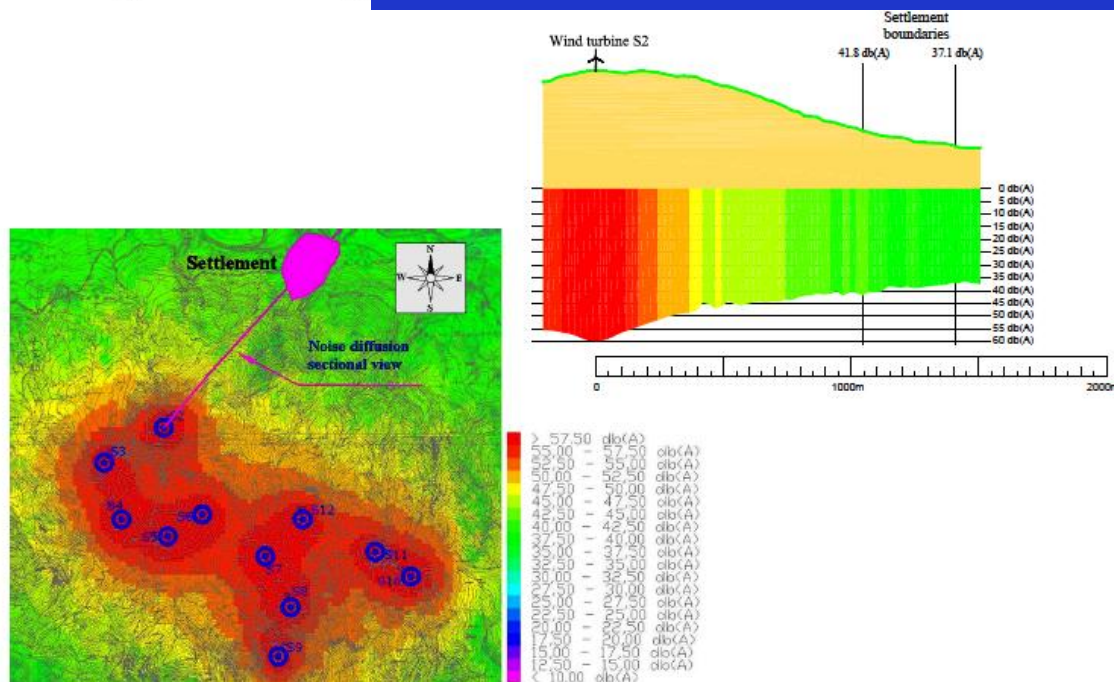
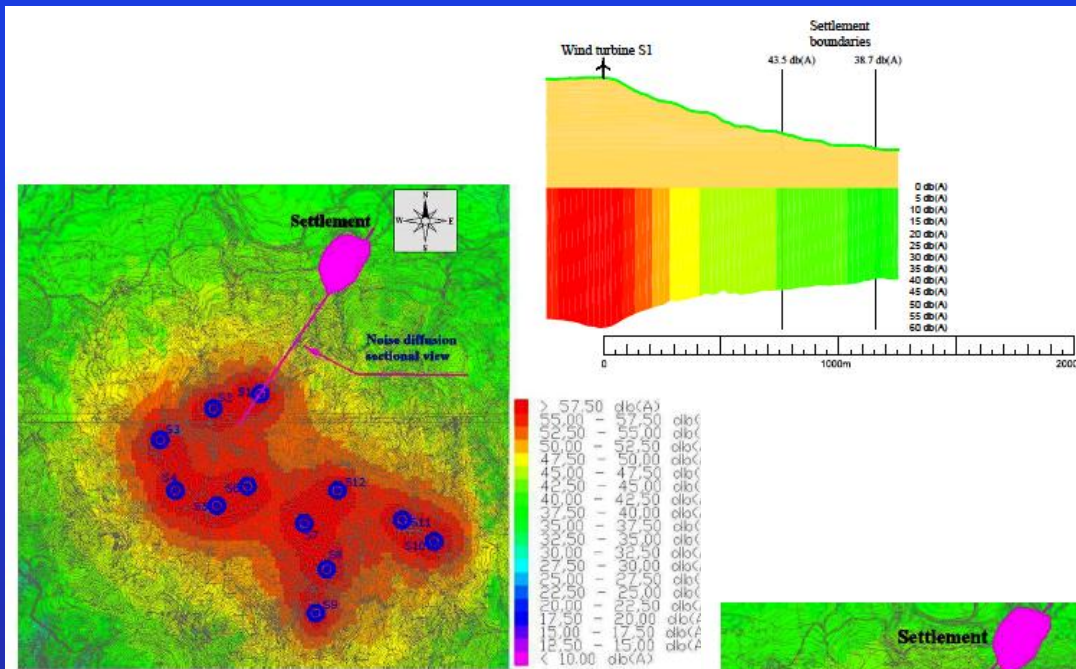
Μελέτη θορύβου



Επεξεργασία αποτελεσμάτων μελέτης θορύβου



Η Τεχνολογία των Αιολικών Πάρκων και οι Προοπτικές Ανάπτυξης Αιολικών Σταθμών Ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα



Κέντρα κόστους επένδυσης

1. Αγορά, μεταφορά και εγκατάσταση κυρίως εξοπλισμού

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ινστιτούτο Κρήτης ΕΡΓΑΣΤΗΡΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

71500 Εσταυρωμένος, Ηράκλειο, Κρήτη, Τα.Θ. 140, Τηλ-Fax +2810 256191, +2810 319478, email: dhr@cs.teiher.gr

ΕΡΓΟ: ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΧΧΧΧΧΧΧ Α.Ε. ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΥΥΥΥΥΥΥΥ

Κοστολόγηση Αιολικού Πάρκου (βάσει προσφορών χωρίς εκπτώσεις)

Τύπος Ανεμογεννήτριας						
Ονομαστική Ισχύς Ανεμογεννήτριας		600	kW			
Αριθμός Ανεμογεννητριών		33				
Εγκατεστημένη Ισχύς Αιολικού Πάρκου		19800	kW			
α/α	Περιγραφή αντικειμένου	Τιμή μονάδος (€)		Σύνολο ανά Α/Γ (€)	Τεμ. στο Α.Π.	Σύνολο (€)
1.	Μετεωρολογικός ιστός Αιολικού Πάρκου ύψους 40m	15.000			1	15.000
2.	Αγορά Α/Γ και Πύργων Αιολικού Πάρκου.	447.000		447.000	33	14.751.000
4.	Μεταφορά & ασφάλιστρα Α/Γ Αιολικού Πάρκου στο Πάρκο	60.300		60.300	33	1.989.900
5.	Συναρμολόγηση & Εγκατάσταση Α/Γ Αιολικού Πάρκου	€/ημέρα	Μέρες/ΑΓ			499.300
5.1	Στέγη και τροφοί 4 εργαζομένων της Enercon (περιλαμβάνεται στην τιμή αγοράς)	0	4	0	33	0
5.2	Εργατικά συνεργεία 4 εργατοτεχνητών (περιλαμβάνεται στην τιμή αγοράς)	0	4	0	33	0
5.3	Γερανός 200 τόνων & Γερανός εργοταξίου.	3.750	4	15.000	33	495.000
5.4	Μεταφορά & ασφάλιστρα Γερανού					3.500
5.5	Άλλα έξοδα	200	4			800
6.	Σύστημα Παρακολούθησης Α/Π	Τιμή μοναδος(€)	ποσότητα	Σύνολο ανά Α/Γ (€)		39.700
6.1	Εγκατάσταση και αναλώσιμα	0			1	0
6.2	Λογισμικά και λοιπές υπηρεσίες διασύνδεσης συστήματος	39.700			1	39.700



2. Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ινστιτούτο Κρήτης ΕΡΓΑΣΤΗΡΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

71500 Εσταυρωμένος, Ηράκλειο, Κρήτη , Τα.Θ. 140, Τηλ.-Fax +2810 256191, +2810 319478, email: dhr@cs.teiher.gr

ΕΡΓΟ: ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ XXXXXXXX Α.Ε. ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΥΥΥΥΥΥΥΥ

Κοστολόγηση Αιολικού Πάρκου (βάσει προσφορών χωρίς εκπτώσεις)

	<i>Τύπος Ανεμογεννήτριας</i>	600kW				
	Ονομαστική Ισχύς Ανεμογεννήτριας	600	kW			
	Αριθμός Ανεμογεννητριών	33				
	Εγκατεστημένη Ισχύς Αιολικού Πάρκου	19,8	MW			
7.	Ειδικός ηλεκτρολογικός & ηλεκτρονικός εξοπλισμός Α/Γ	Τιμή μοναδος(€)	ποσότητα /Α/	Σύνολο ανά Α/Γ (€)	Τεμ. στο Α.Π.	92.004
7.1	Μετασχηματιστής 700 KVA 20/0,4 kV , PO950W με πίνακα προστασίας και ασφαλειοδιακόπτη SF συνδεδεμένος με Α/Γ (περιλαμβάνεται στην τιμή αγοράς)	36.000	0		33	0
7.2	Σύστημα ελέγχου γείωσης	0	0	0	33	0
7.3	Σύστημα διόρθωσης συν. (φ)	0	0	0	33	0
7.4	Γείωση	0	0	0	33	0
7.5	Φοτισμός αεροπλοΐας, καλώδια χαμηλής τάσης, καλώδια τηλεχειρισμών κλπ	2.788	1	2.788	33	92.004



3. Έργα Υποδομής

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ινστιτούτο Κρήτης ΕΡΓΑΣΤΗΡΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

71500 Εσταυρωμένος, Ηράκλειο, Κρήτη, Τ.Θ. 140, Τηλ-Fax +2810 256191, +2810 319478, email: dhr@cs.teiker.gr

ΕΡΓΟ: ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ XXXXXXXX Α.Ε. ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΥΥΥΥΥΥΥΥ

Κοστολόγηση Αιολικού Πάρκου (βάσει προσφορών χωρίς εκπτώσεις)

Τύπος Ανεμογεννήτριας		600kW			
Ονομαστική Ισχύς Ανεμογεννήτριας	600	kW			
Αριθμός Ανεμογεννητριών	33				
Εγκατεστημένη Ισχύς Αιολικού Πάρκου	19,8	MW			
8	Έργα Πολιτικού Μηχανικού-Οικοδομικά έργα				1.632.910
8.1.1	Εκσκαφές βάσεων Ανεμογεννητριών Αιολ. Πάρκου	<i>Τιμή €/m3</i>	<i>Ποσότητα σε m3</i>	<i>Σύνολο ανά Α/Γ (€)</i>	<i>τεμ. Στο Α.Π.</i>
	Εκσκαφή λάκου Α/Γ + επιχώσεις	7	430	3.010	33
8.1.2.	Επιχώσεις θεμελιώσεων και διαμόρφωση περιβ. Χώρου	<i>Τιμή €/Α/Γ</i>	<i>Ποσότητα /Α/Γ</i>		
	Επιχώσεις (περιλαμβάνεται στην τιμή των εκσκαφών)	0	1	0	33
	Διατρήσεις γειώσεων, προμήθεια χώματος καταλ. Αγωγιμότητας, κτλ	1.400	1	1.400	33
8.2	Οπλισμένο Σκυρόδεμα Βάσεων Α/Γ Αιολικού Πάρκου	<i>Τιμή €/m3</i>	<i>Ποσότητα σε m3</i>	<i>Σύνολο ανά Α/Γ (€)</i>	
8.2.1.	Βάση οπλισμένου Σκυροδέματος Α/Γ (κυκλική)	182	120	21.840	33
8.2.3.	Μπετόν καθαριότητας Α/Γ & Αγορά και τοποθέτηση σωληνώσεων για καλώδια.	300	60	18.000	33
8.3	Κατασκευή Κτιρίου Ελέγχου Αιολ. Πάρκου	<i>Τιμή €/m2</i>	<i>Ποσότητα σε m2</i>		112.500
	Κατασκευή Συμβατικού Κτιρίου	750	150		1
	Πυρασφάλεια Συναγερμός, Κλιματιστικά (περιλαμβάνεται στα παραπάνω)		1		1
	Επιπλα - ράφια (περιλαμβάνεται στα παραπάνω)				1
8.4	Οδοποιία	<i>Τιμή €/m</i>	<i>Ποσότητα σε m</i>		279.160
	Αγροτικός δρόμος πρόσβασης στο Αιολικό Πάρκο	14	5.500	77.000	1
	Οδοποιία Αιολικού Πάρκου και έργα αορροής ομβρίων	28	7.220	202.160	1
8.5	Διαμορφώσεις χώρου Εργασίας Α/Γ (Χωματουργικά)	<i>Τιμή €/m2</i>	<i>Ποσότητα σε m2</i>	<i>Σύνολο ανά Α/Γ (€)</i>	<i>Σύνολο Α/Γ (€)</i>
	Πλάτεια εργασιών για κάθε Α/Γ	7	1.200	8.400	33
					277.200



4. Ηλεκτρομηχανολογικά έργα

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ινστιτούτο Κρήτης **ΕΡΓΑΣΤΗΡΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

71500 Εσταυρωμένος, Ηράκλειο, Κρήτη , Τα.Θ. 140, Τηλ.-Fax +2810 256191, +2810 319478, email: dhr@cs.teiher.gr

ΕΡΓΟ: ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΧΧΧΧΧΧΧ Α.Ε. ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΥΥΥΥΥΥΥΥ

Κοστολόγηση Αιολικού Πάρκου (βάσει προσφορών χωρίς εκπτώσεις)

<i>Τύπος Ανεμογεννήτριας</i>		<i>600kW</i>			
<i>Ονομαστική Ισχύς Ανεμογεννήτριας</i>		<i>600</i>	<i>kW</i>		
<i>Αριθμός Ανεμογεννητριών</i>		<i>33</i>			
<i>Εγκατεστημένη Ισχύς Αιολικού Πάρκου</i>		<i>19,8</i>	<i>MW</i>		
9.	Γενικός Ηλεκτρολογικός & Ηλεκτρονικός εξοπλισμός				578.750
9.1	Καλώδια 20 KV, N2XSY (XPLE) 3X120mm ² +Cu 50mm ² , τοποθετημένα σε χαντάκι βάθους 0,80m, έως 1 μέτρο με τούβλα ή καλύτερα πλάκες πεζοδρομίου και επισήμανση για προστασία.	<i>Τιμή €/m</i>	<i>Ποσότητα σε m</i>		
		17	13.500	222.750	1 222.750
9.2	Καλώδια τηλεελέγχου (στο ίδιο με τα καλ. 20 kV κανάλι)	4	14.000	49.000	1 49.000
		<i>Τιμή €/τεμ.</i>	<i>Ποσότητα σε τεμ.</i>		
9.3	Γείωση υποσταθμού (στο Control Room)	2.500	1		2.500
9.4	Πίνακας μέσης τάσης κλειστού χώρου 6 πεδίων με ζυγούς	34.000	1		34.000
9.5	Αυτόματοι διακόπτες συρταρωτοί 20KV	14.000	2		28.000
9.6	Εξοπλισμός ελέγχου	12.500	1		12.500
9.7	Υλικά γειώσεως και αντικεραυνική προστασία (σετ)	230.000	1	230.000	1 230.000



5. Σύνδεση με Ηλεκτρικό Δίκτυο

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ινστιτούτο Κρήτης ΕΡΓΑΣΤΗΡΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

71500 Εσταυρωμένος, Ηράκλειο, Κρήτη, Τ.Θ. 140, Τηλ-Fax +2810 256191, +2810 319478, email: dhr@cs.teiher.gr

ΕΡΓΟ: ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΧΧΧΧΧΧΧ Α.Ε. ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΥΥΥΥΥΥΥΥ

Κοστολόγηση Αιολικού Πάρκου (βάσει προσφορών χωρίς εκπτώσεις)

		600kW			
	<i>Τύπος Ανεμογεννήτριας</i>				
	<i>Ονομαστική Ισχύς Ανεμογεννήτριας</i>	<i>600</i>	<i>kW</i>		
	<i>Αριθμός Ανεμογεννητριών</i>	<i>33</i>			
	<i>Εγκατεστημένη Ισχύς Αιολικού Πάρκου</i>	<i>19,8</i>	<i>MW</i>		
10	Σύνδεση Αιολικού Πάρκου με το δίκτυο της ΔΕΗ				1.170.600
	<i>Γραμμή σύνδεσης</i>	<i>Τιμή €/km</i>	<i>Ποσότητα σε km</i>		
10.1	Αποκλειστικές γραμμές διασύνδεσης μέσης τάσης στα 20KV τύπου ACSR 240 mm ² διπλού κυκλώματος. (το μονό διά 1.5)	53.000	13	1	689.000
		<i>Τιμή €/τεμ.</i>	<i>Ποσότητα σε τεμ.</i>		
10.2	Μετρητικές διατάξεις στην αρχή και στο τέλος της γραμμής διασύνδεσης.	12.000	2	1	24.000
10.3	Επίστυλοι τριπολικοί αεροδιακόπτες στην αρχή και στο τέλος της γραμμής διασύνδεσης (διπλή γραμμή 2+2)	5.800	2	1	11.600
	Υποσταθμός 150/20kv				
10.4	Ηλεκτρολογικά υψηλής τάσης (αυτοματισμοί, μετρητές SCADA κλπ)	35.000	1	1	35.000
10.5	Πύλη μέσης τάσης	45.000	1	1	45.000
	Οικόπεδο υποσταθμού				
10.6	Μετρητικές διατάξεις στον υποσταθμό	16.000	1	1	16.000
10.7	Χρέωση για χρήση Υ/Σ	110.000	1	1	110.000
10.8	Χρέωση για χρήση Η/Μ εξοπλισμού	240.000	1	1	240.000
		<i>Τιμή €/MVAr</i>	<i>Ποσότητα σε MVAr</i>		
10.9	Πυκνωτές αντιστάθμισης άεργου ισχύος 20MVAr	5.550	0,0	1	0



6. Αμοιβές εξωτερικών συμβούλων

Μελέτες, Άδειες, Παράβολα, Επιβλέψεις κλπ.	134.000
Τεχνικοοικονομική Μελέτη	35.000
Διερεύνηση ανεμολογικών στοιχείων	4.000
Γεωτεχνική μελέτη	10.000
Μελέτη χωροθέτησης	10.000
Μελέτη θεμελίωσης	0
Μελέτη πυλώνα	0
Περιβαλλοντική μελέτη	10.000
Επίβλεψη, Διοίκηση Έργου και άλλες μελέτες	25.000
Άδειες, Παράβολα κλπ (Νόμος 8295/95, ΦΕΚ 385-95) κλπ	40.000

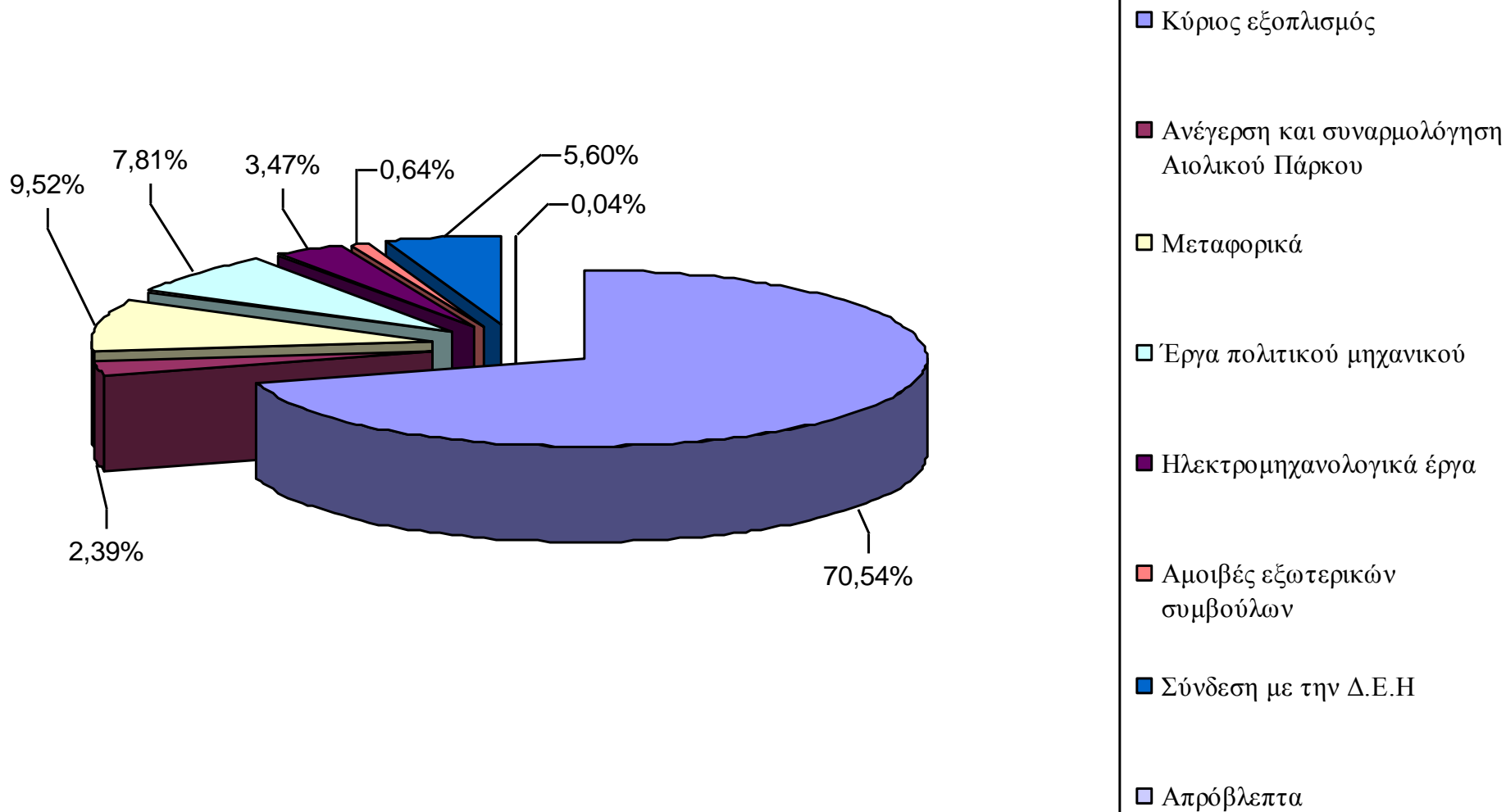


Συνολικά κόστη

Κύριος εξοπλισμός	14.751.000	70,54%
Ανέγερση και συναρμολόγηση Αιολικού	499.300	2,39%
Μεταφορικά	1.989.900	9,52%
Έργα πολιτικού μηχανικού	1.632.910	7,81%
Ηλεκτρομηχανολογικά έργα	725.454	3,47%
Αμοιβές εξωτερικών συμβούλων	134.000	0,64%
Σύνδεση με την Δ.Ε.Η	1.170.600	5,60%
Απρόβλεπτα	8.200	0,04%
Συνολική Δαπάνη Αιολικού Πάρκου	20.911.364	100%
Κόστος ανά εγκατεστημένο kW (Euro/kW)	1.056	



Συνολικά κόστη σε διάγραμμα



Χρηματοοικονομικός προγραμματισμός

1. Για την αξιολόγηση της επένδυσης υπολογίζονται αρχικά τα έσοδα από τις πωλήσεις ενέργειας.
2. Στην συνέχεια, αφαιρείται από τις πωλήσεις ενέργειας το σύνολο των λειτουργικών δαπανών για να προκύψουν τα κέρδη προ αποσβέσεων τόκων και φόρων.
3. Γίνεται υπολογισμός των αποσβέσεων για κάθε στοιχείο κόστους.
4. Από τα κέρδη προ αποσβέσεων τόκων και φόρων αφαιρούνται οι αποσβέσεις και οι τόκοι για να προκύψει το φορολογητέο ποσό, το οποίο και πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή φορολογίας (**0.35**) για να προκύψει ο φόρος.



Χρηματοοικονομικός προγραμματισμός

5. Για τον υπολογισμό των καθαρών χρηματικών ροών από τα Κέρδη προ αποσβέσεων, τόκων και φόρων θα αφαιρεθούν:
- **Το χρεωλύσιο του δανείου.**
 - Το χρεωλύσιο υπολογίζεται αφαιρώντας τον ετήσιο τόκο από την ετήσια τοκοχρεωλυτική δόση.
 - **Οι τόκοι του δανείου**
 - **Οι φόροι.**
 - Οι φόροι υπολογίζονται πολλαπλασιάζοντας τα κέρδη προ φόρων με το σε ισχύ ποσοστό φορολογίας



Χρηματοοικονομικός προγραμματισμός

Στην περίπτωση που μέρος της αρχικής δαπάνης προέρχεται από δανειοδότηση και οι τόκοι των δανείων υπολογίζονται από την παρακάτω σχέση:

$$T = a - \frac{a}{(1+i)^N}$$

Όπου: T: τόκος
i: το επιτόκιο χορηγήσεων (δανεισμού).
N: η περίοδος της δόσης
α: η ετήσια τοκοχρεωλυτική δόση του δανείου και δίνεται από την σχέση :

$$a = \frac{K * i}{1 - \frac{1}{(1+i)^t}}$$

Όπου: K: το δανειζόμενο κεφάλαιο
t: διάρκεια δανεισμού.



Χρηματοοικονομικός προγραμματισμός

Για τον υπολογισμό της ετήσιας τοκοχρεωλυτικής δόσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί η συνάρτηση του Excel:

PMT function

(Calculates the payment for a loan based on constant payments and a constant interest rate)

6. Για τον υπολογισμό της Παρούσας αξίας:

- Θα διαιρέσουμε την καθαρή χρηματική ροή με τον παράγοντα $(1 + \text{Επιτοκ. Προεξόφλησης})^{\text{έτος υπολογισμού}}$

$\text{πχ } (1 + 0,08)^{20}$ για το 20^ο έτος.



Έσοδα από πωλήσεις ενέργειας

Παραγωγή Ενέργειας					
Έτος	Υπολ. Παραγωγή (Kwh)	Μηχανική Διαθ. (%)	Συντελεστής Διείσδυσης (%)	Απώλειες Μεταφοράς (%)	Παραγωγή (Kwh)
1	61.202.782	98	90	3	52.361.428
2	61.202.782	98	90	3	52.361.428
3	61.202.782	98	90	3	52.361.428
4	61.202.782	98	90	3	52.361.428
5	61.202.782	98	90	3	52.361.428
6	61.202.782	98	90	3	52.361.428

Απόδοση:

παραγωγή/(ον. ισχύς πάρκου *8760 ώρες)

=30,19% ή

2.644 ώρες πλήρους λειτουργίας

18	61.202.782	98	90	3	52.361.428
19	61.202.782	98	90	3	52.361.428
20	61.202.782	98	90	3	52.361.428
Σύνολο:					1.047.228.558



Λειτουργικές δαπάνες

Έτος	Πωλήσεις Ενέργειας	Συντήρηση	Προσωπικό για έκτατες ανάγκες	Ενοίκιο οικοπέδου	Ανταποδοτικά Τέλη 2%	Διοικητικά Έξοδα	Λειτουργικές Δαπάνες (Σύνολο)	Κέρδη προ Αποσβ. Τόκων και Φόρων	Τόκοι Δανείων
1	4.073.195		35.233	200.000	81.463	25.900	342.596	3.730.599	460.050
2	4.073.195		35.233	200.000	81.463	25.900	342.596	3.730.599	424.319
3	4.073.195	396.000	35.233	200.000	81.463	25.900	738.596	3.334.599	386.623
4	4.073.195	396.000	35.233	200.000	81.463	25.900	738.596	3.334.599	346.853
5	4.073.195	396.000	35.233	200.000	81.463	25.900	738.596	3.334.599	304.896
6	4.073.195	396.000	35.233	200.000	81.463	25.900	738.596	3.334.599	260.632
7	4.073.195	396.000	35.233	200.000	81.463	25.900	738.596	3.334.599	213.933
8	4.073.195	396.000	35.233	200.000	81.463	25.900	738.596	3.334.599	164.665
9	4.073.195	396.000	35.233	200.000	81.463	25.900	738.596	3.334.599	112.688
10	4.073.195	396.000	35.233	200.000	81.463	25.900	738.596	3.334.599	57.852
11	4.073.195	396.000	35.233	200.000	81.463	25.900	738.596	3.334.599	
12	4.073.195	396.000	35.233	200.000	81.463	25.900	738.596	3.334.599	

19	4.073.195	396.000	35.233	200.000	81.463	25.900	738.596	3.334.599	
20	4.073.195	396.000	35.233	200.000	81.463	25.900	738.596	3.334.599	



Καθαρές Ταμειακές Ροές

Έτος	Αποσβέσεις	Φορολογητέο	Φορολογία	Πληρωμές Δανείων	Καθαρή Χρηματική Ροή	Κ.Χ.Ρ (Αθροιστική)	Παρούσα Αξία
1	1.461.352	1.809.198	633.219	1.109.706	1.987.675	1.987.675	1.875.165
2	1.461.352	1.844.929	645.725	1.109.706	1.975.169	3.962.843	1.757.893
3	1.461.352	1.486.625	520.319	1.109.706	1.704.575	5.667.418	1.431.194
4	1.461.352	1.526.395	534.238	1.109.706	1.690.656	7.358.074	1.339.158
5	1.461.352	1.568.352	548.923	1.109.706	1.675.971	9.034.045	1.252.383
6	1.461.352	1.612.616	564.416	1.109.706	1.660.478	10.694.523	1.170.572
7	1.461.046	1.659.620	580.867	1.109.706	1.644.027	12.338.550	1.093.372
8	1.460.436	1.709.498	598.324	1.109.706	1.626.569	13.965.119	1.020.530
9	1.460.436	1.761.475	616.516	1.109.706	1.608.377	15.573.497	951.996
10	1.460.436	1.816.311	635.709	1.109.706	1.589.185	17.162.682	887.393
11	174.293	3.160.306	1.106.107		2.228.492	19.391.174	1.173.942

19	69.084	3.265.515	1.142.930		2.191.669	36.979.762	724.375
20	69.084	3.265.515	1.142.930		2.191.669	39.171.431	683.373
Σύν.	15.564.328	49.187.151	17.215.503	11.097.056	39.171.431		21.833.381



Αξιολόγηση επένδυσης Οικονομικοί Δείκτες

- Καθαρή παρούσα Αξία (ΚΠΑ)
- Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)
- Έντοκη περίοδο αποπληρωμής (ΕΠΑ)
- Χρόνος αποπληρωμής (όχι έντοκος)
- Κόστος παραγωγής.

Οι οικονομικοί δείκτες αυτοί, θα εκφράζουν **την αποδοτικότητα των ιδίων κεφαλαίων** της επένδυσης, στα οποία και αναφέρονται.



Καθαρή Παρούσα Αξία Εσωτερικός βαθμός Απόδοσης (IRR)

$$\text{Κ.Π.Α.} = -C_0 + \left[\sum_{j=1}^n \frac{E_j}{(1+i)^j} - \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{(1+i)^j} \right] \pm \frac{SV_n}{(1+i)^j}$$

C_0	Το συνολικό κόστος της επένδυσης.
E_1, \dots, E_n	Τα αναμενόμενα έσοδα για τα έτη 1, 2, ..., n.
C_1, \dots, C_n	Οι προβλεπόμενες δαπάνες λειτουργίας κατά τα έτη 1, 2, ..., n.
n:	Η διάρκεια της οικονομικής ζωής του έργου.
i:	το επιτόκιο προεξόφλησης.
SV_n :	Η εναπομένουσα αξία ή κόστος της επένδυσης στο τέλος της περιόδου



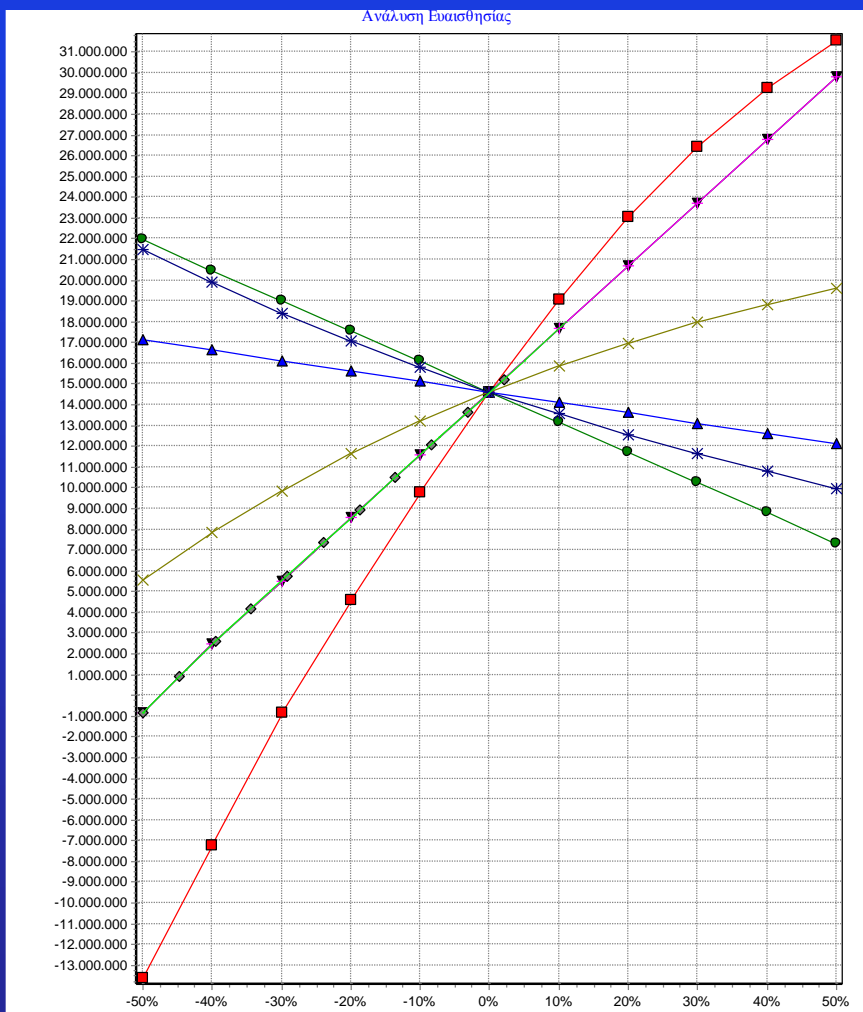
Ανάλυση Ευαισθησίας

Με την ανάλυση ευαισθησίας μελετάται η συμπεριφορά των οικονομικών δεικτών στις μεταβολές των πιο σημαντικών στοιχείων, τα οποία προσδιορίζουν τις ΚΤΡ του έργου.

Στα διαγράμματα ανάλυσης ευαισθησίας παρουσιάζεται η μεταβολή των οικονομικών δεικτών με τη ποσοστιαία μεταβολή μιας παραμέτρου.



Ανάλυση Ευαισθησίας Κ.Π.Α.



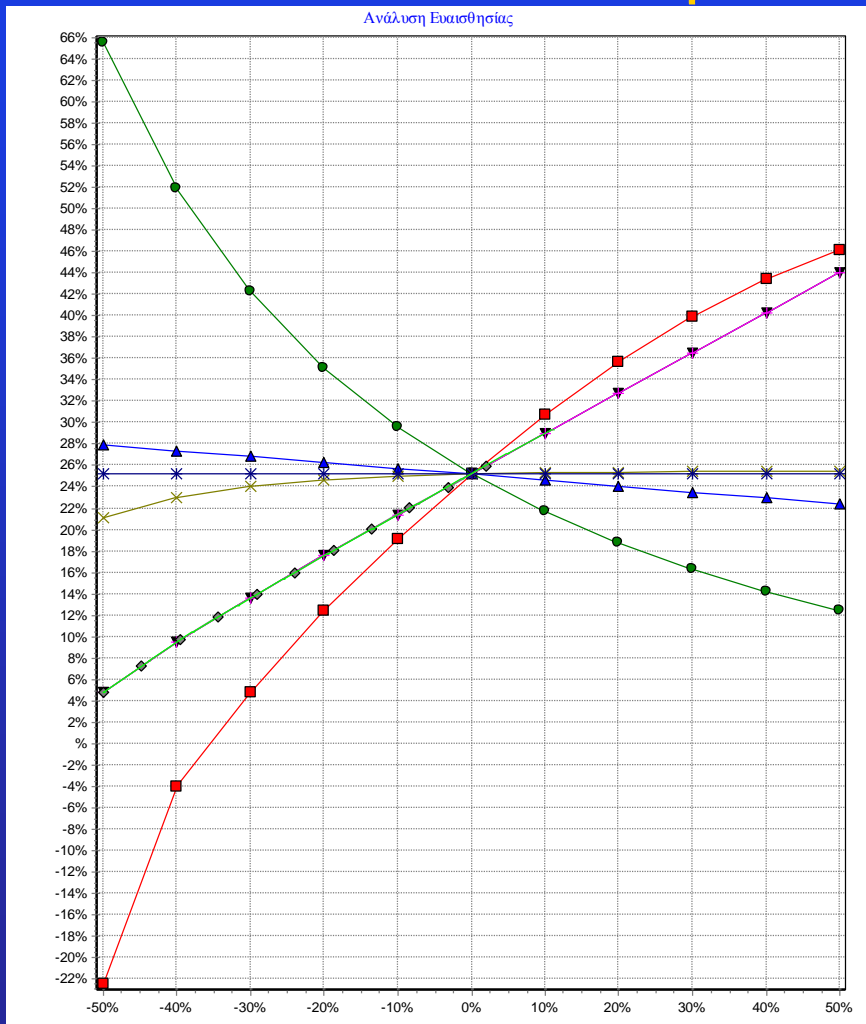
■ Weibull (C)
▼ Τμή Πώλησης
✖ Επιτόκιο Αναγωγής

▲ Λειτουργικό κόστος
✖ Διάρκεια Ζωής
—●— Ποσοστό Δείσδυσης

—●— Αρχικό Κόστος
+ Ετήσια Παραγωγή
—◆— Μηχανική Διαθεσιμότητα



Ανάλυση Ευαισθησίας IRR.



- Weibull (C)
- ▼ Τιμή Πώλησης
- * Επιτόκιο Αναγωγής
- Αρχικό Κόστος
- + Ετήσια Παραγωγή
- ◆ Μηχανική Διαθεσιμότητα
- ▲ Λειτουργικό κόστος
- × Διάρκεια Ζωής
- Ποσοστό Δειείδωσης



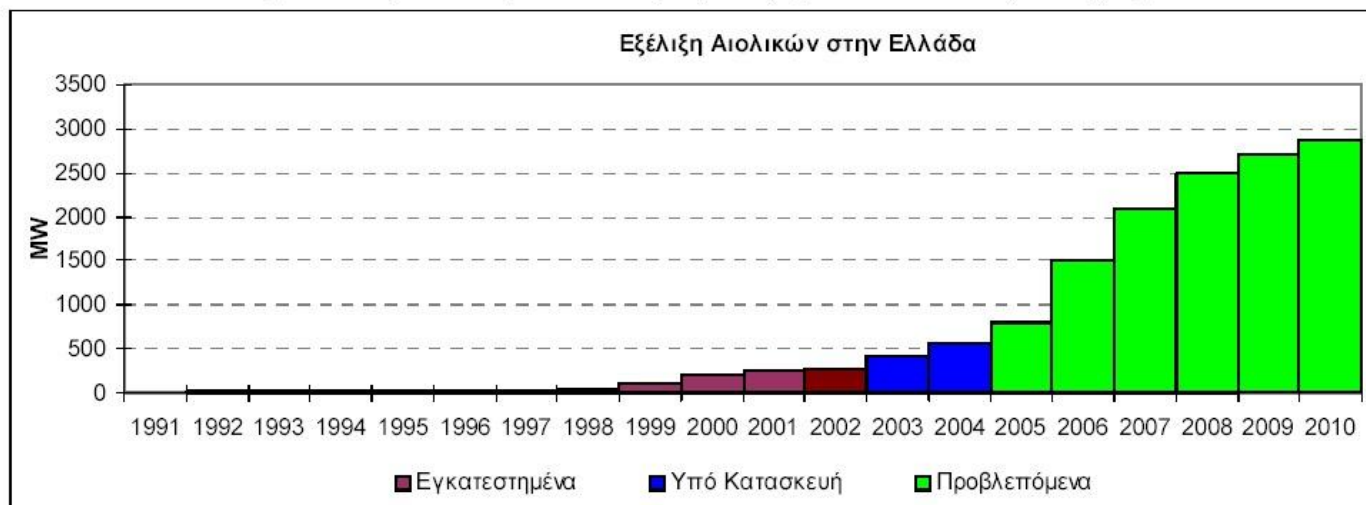
Αποτελέσματα χρηματοοικονομικής ανάλυσης

Οικονομικοί Δείκτες		
Καθαρή Παρούσα Αξία	14.633.598	€
Χρόνος Αποπληρωμής	3,906	Έτη
Έντοκη Περίοδος	4,636	Έτη
Εσωτερικός Ρυθμός	25,2	%
Κόστος Παραγωγής	0,04083	€



Προοπτικές Ανάπτυξης Αιολικών Πάρκων στην Ελλάδα

Προοπτική εξέλιξης των ανεμογεννητριών στον ελληνικό χώρο



Ετος	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
MW	4	19	26	27	28	28	28	40	109	214	260	272	418	568	800	1500	2100	2500	2700	2873

Η προοπτικές ανάπτυξης αιολικών πάρκων στην Ελλάδα, όπως φαίνεται και στο παραπάνω γράφημα της ΡΑΕ, είναι πολύ ενθαρρυντικές.



Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας του ΤΕΙ Κρήτης

Το Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας του Τ.Ε.Ι. Κρήτης,
προσπαθώντας να συμβάλλει με όλες του τις δυνάμεις σ' αυτήν την
προσπάθεια

εδώ και 15 χρόνια,

- ✓ μετρά και αναλύει το Αιολικό Δυναμικό σε πολλές περιοχές της Ελλάδας
- ✓ προσδιορίζει περιοχές υψηλού ενδιαφέροντος για ενεργειακές επενδύσεις
- ✓ παρέχει εξειδικευμένες υπηρεσίες για θέματα Αιολικής Ενέργειας σε πολλούς επενδυτές και επιχειρήσεις του Ιδιωτικού αλλά και του ευρύτερου Δημόσιου τομέα.



Ανάπτυξη Αιολικών Πάρκων

Προυποθέσεις:

- ✓ Ανάπτυξη επαρκούς δικτύου ανεμογράφων και διενέργεια μετρήσεων με στόχο: Ανάπτυξη Αιολικού Χάρτη ευρύτερης περιοχής
- ✓ Διενέργεια έρευνας και κατασκευή βάσης δεδομένων με ελεύθερη πρόσβαση για:
 - την κατανομή, την κατάσταση και την ποιότητα του Ηλεκτρικού και του Οδικού δικτύου.
 - την ένταξη περιοχών σε ειδικό καθεστώς προστασίας (αρχαιολογικοί χώροι, NATURA, κλπ)
 - το ιδιοκτησιακό καθεστώς της ευρύτερης περιοχής



Ανάπτυξη Αιολικών Πάρκων

- ✓ Ενημέρωση της τοπικής κοινωνίας, των τοπικών αρχόντων, για τα οφέλη από την εκμετάλλευση της Αιολικής Ενέργειας
- ✓ Ενημέρωση υποψήφιων επενδυτών

