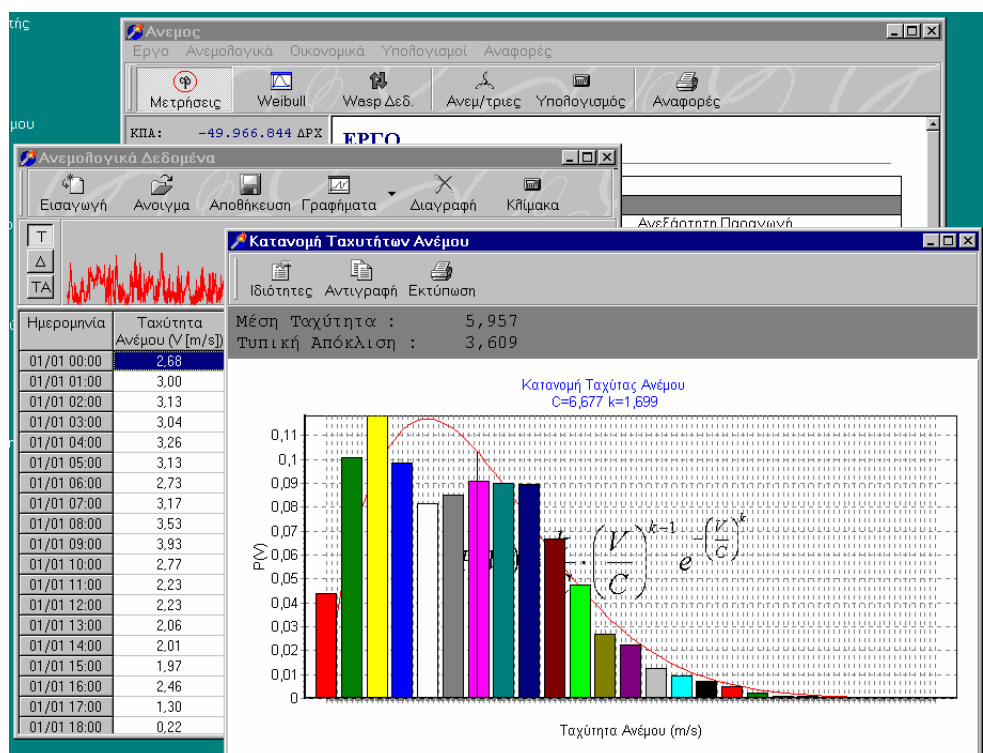


### 1.3. ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Το λογισμικό τεchnοοικονομικής ανάλυσης επενδύσεων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από αιολική ενέργεια ονομάζεται «ANEMΟΣ» και παρουσιάζεται παρακάτω.

#### 1.3.a Πρόλογος



#### 1.3.b Τι είναι ο “ANEMΟΣ”

Το λογισμικό πακέτο “ANEMΟΣ” είναι ένα εργαλείο υποστήριξης επενδυτικών αποφάσεων σχεδιασμού Α/Γ, μελετών σκοπιμότητας, ανάλυσης ανεμολογικών στοιχείων, καθορισμού Α/Γ, και τεchnοοικονομικής ανάλυσης Αιολικών συστημάτων.

#### 1.3.c Τι περιλαμβάνει ...

- Ανάλυση Ανεμολογικών Στοιχείων
- Βάση Δεδομένων Α/Γ
- Οικονομικό Μοντέλο Αξιολόγησης Αιολικών Επενδύσεων
- Ισχυρό μηχανισμό δημιουργίας - διαχείρισης Αναφορών

### **I.3.d Εισαγωγικές έννοιες**

#### **◆ α) Ανεμολογικά Δεδομένα**

##### **⇒ Συλλογή Δεδομένων**

Ανεμογράφος λέγεται το όργανο με το οποίο μετρούμε το αιολικό δυναμικό. Αποτελείται από ένα αισθητήριο ταχύτητας και ένα αισθητήριο διεύθυνσης.

Οι ανεμογράφοι μετρούν την ταχύτητα του ανέμου και την οριζόντια διεύθυνσή του σε μικρά χρονικά διαστήματα (συνήθως 1 δευτερόλεπτο) και καταγράφουν στην μνήμη τους την μέση τιμή της ταχύτητας, την επικρατούσα διεύθυνση ανά τακτά χρονικά διαστήματα (συνήθως μία ώρα ή 10 λεπτά) καθώς και την τυπική απόκλιση που αντιστοιχεί στο διάστημα καταγραφής.

Η μνήμη του ανεμογράφου μεταφέρεται σε αρχεία H/Y (συνήθως σε μορφή χαρακτήρων ascii και αυτά τα στοιχεία επεξεργαζόμαστε για τους υπολογισμούς του Αιολικού Δυναμικού μιας περιοχής.

Παρακάτω βλέπουμε την μορφή ενός τέτοιου αρχείου:

```
DL9210 Version 02      Filename = 00730701.N99      Metric
09:58:39  08-09-1999
----- Site Information -----
-----
Site Number      :0073          # of Sensors      :1
Serial Number    :5370          Interval          :60
Model Number     :9210          Chip Socket       :1
Firmware Version :03           Left Socket       (1):8k
chip
Chip ID          :00           Right Socket      (2):NO
CHIP
SPD 1: Scale = 0.381846, Offset = 0.000000, M/S
SPD 2: Scale = 0.381846, Offset = 0.000000, M/S
SPD 3: Scale = 0.381846, Offset = 0.000000, M/S
DIR 1: Scale = 1.406250, Offset = 0.000000, Degrees
DIR 2: Scale = 1.406250, Offset = 0.000000, Degrees
ANLG : Scale = 1.000000, Offset = 0.000000, Counts
----- Start/Stop Information -----
-----
Start Time       :10:46          Stop Time         :10:38
Start Date       :07/01/99 m/d/y   Stop Date         :08/01/99 m/d/y
Start Voltage    :7.5           Stop Voltage      :6.9
----- Gust Information -----
-----
                SPD 1          SPD 2          SPD 3
Speed           : 18 M/S        0 M/S          0 M/S
Direction      : 315 Degrees    0 Degrees      0
Degrees
Time           : 15:00          00:00          00:00
```

Date : 07/14/99 m/d/y 00/00/00 m/d/y  
 00/00/00 m/d/y

-----Raw Header Information -----

```
73 00 70 53 10 92 03 00 46 10 01 07 99 89 96 31
E0 00 15 14 07 99 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00 00 00 00 38 10 01 08 99 89 01 FF FF FF FF FF
FF FF FF FF FF FF FF 55
```

----- Data Information -----

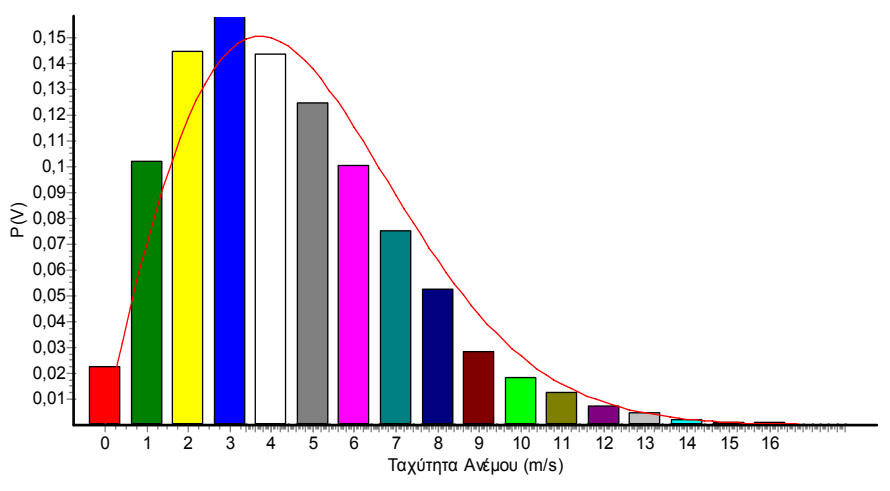
```
Spd1, SD1, Dir1, Time, Date
6.40, 0.98, 294, 1000, 070199
5.58, 0.81, 297, 1100, 070199
5.82, 0.67, 293, 1200, 070199
5.92, 1.24, 266, 1300, 070199
6.40, 0.86, 271, 1400, 070199
```

Στις πρώτες 30 γραμμές (header) περιέχονται πληροφορίες σχετικά με την θέση και το είδος του ανεμογράφου την περίοδο μέτρησης και τις κλίμακες που χρησιμοποιεί ο ανεμογράφος και τα μέγιστα (gust) που παρατηρήθηκαν όσο διάρκεσε η μέτρηση. Στις επόμενες γραμμές περιέχονται η ταχύτητα του ανέμου (Spd1) η τυπική απόκλιση (SD1) η διεύθυνση (Dir1) και ο χρόνος στον οποίο πραγματοποιήθηκε η μέτρηση. Τα αρχεία αυτά με συγκεκριμένη διαδικασία μπορούμε να τα εισάγουμε στον ANEMO να τα επεξεργαστούμε και να τα παρουσιάσουμε.

### ⇒ Κατανομή Ταχυτήτων - Καμπύλη Weibull

Η πιο συχνή στατιστική επεξεργασία που γίνεται στα αρχεία μετρήσεων είναι ο υπολογισμός της κατανομής των ταχυτήτων.

Αν χωρίσουμε το εύρος των ταχυτήτων 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 η κατανομή των ταχυτήτων που φαίνεται σε ράβδους στο γράφημα του σχήματος. Η κατανομή αυτή προσεγγίζεται<sup>1</sup> πολύ καλά με την διπαραμετρική κατανομή **Weibull** (η λεπτή κόκκινη γραμμή του σχήματος).



**Εικόνα I.3-1. Κατανομή Weibull**

<sup>1</sup> Βλ. Παράρτημα (Υπολογισμός της κατανομής Weibull)

Η σχέση που δίνει την κατανομή Weibull είναι:

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

όπου:

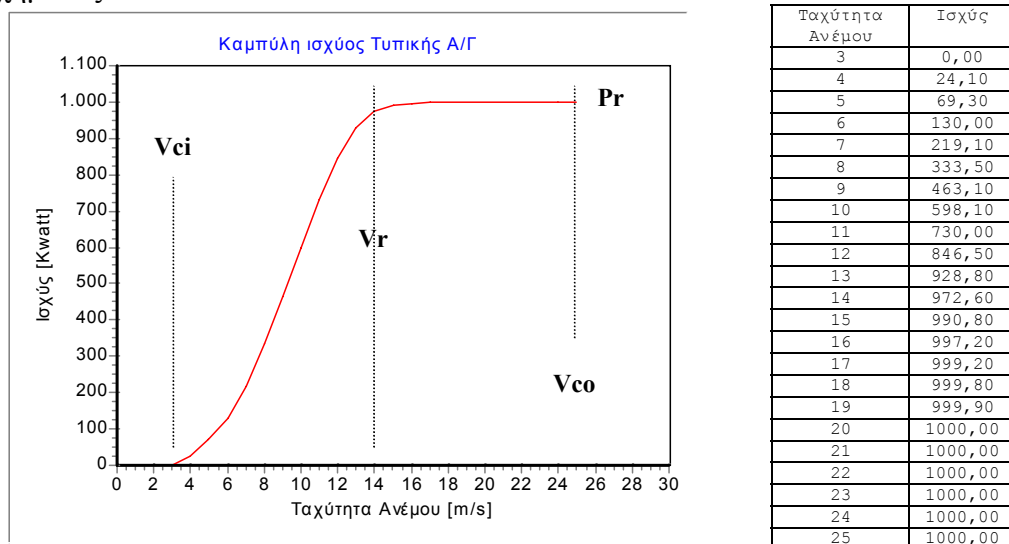
C: Η παράμετρος κλίμακας της κατανομής, σχετίζεται με την μέση τιμή του ανέμου και μετριέται σε m/s

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

## ◆ **B) Ανεμογεννήτριες - Καμπύλη Ισχύος**

Αντίθετα με όσα νομίζουν πολλοί μια ανεμογεννήτρια όταν γυρνάει δεν παράγει σταθερή ισχύ αλλά η ισχύς που παράγει εξαρτάται από την ένταση του Ανέμου.

Η καμπύλη ισχύος μας δίνει την παραγωγή της ανεμογεννήτριας στην μονάδα του χρόνου σαν συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου. Συνήθως δίνεται από την κατασκευάστρια εταιρεία σε μορφή πίνακα και έχει την μορφή του παρακάτω σχήματος.



Εικόνα I.3-2. Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας

Οι παρακάτω αριθμοί χαρακτηρίζουν την καμπύλη ισχύος:

**Ταχύτητα Έναρξης (Vci)**, είναι η ταχύτητα ανέμου στην οποία η ανεμογεννήτρια αρχίζει να παράγει ισχύ. Η τιμή της είναι συνήθως 3-5 m/s (μέτρα το δευτερόλεπτο).

**Ονομαστική Ταχύτητα Λειτουργίας (Vr)** είναι η ταχύτητα ανέμου στην οποία η ανεμογεννήτρια παράγει την ονομαστική της ισχύ, συνήθως 12-15 m/s

**Ταχύτητα Αποκοπής (Vco)**, Είναι η ταχύτητα στην οποία η ανεμογεννήτρια σταματά την λειτουργία της και συνεπώς την παραγωγή ισχύος για λόγους ασφαλείας, συνήθως 20-25 m/s.

**Ονομαστική Ισχύς (Pr)**: Είναι η ισχύς της ανεμογεννήτριας που αναφέρεται από τον κατασκευαστή και συνήθως είναι το υψηλότερο σημείο της καμπύλης ισχύος.

### ◆ Γ) Επενδύσεις σε Αιολικά συστήματα

Σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία στην Ελλάδα μπορούν να πραγματοποιηθούν δύο ειδών επενδύσεις σε αιολικά συστήματα:

A) Επένδυση **αυτοπαραγωγής** είναι η επένδυση στην οποία η ενέργεια που παράγεται συμψηφίζεται με καθορισμένο τρόπο (βλ. Παράρτημα Νομοθεσία) με την ενέργεια που καταναλώνει ο αυτοπαραγωγός σε άλλα συστήματά του, και σε περίπτωση περίσσειας αυτή τιμάται με συγκεκριμένο τίμημα

B) **Ανεξάρτητη παραγωγή** σ' αυτήν την περίπτωση ο παραγωγός διαθέτει το σύνολο της παραγωγής του στον "Διαχειριστή συστήματος" = Δ.Ε.Η και το τίμημα της ενέργειας καθορίζεται επακριβώς από την κείμενη νομοθεσία.

### ◆ Δ) Αξιολόγηση Επενδύσεων

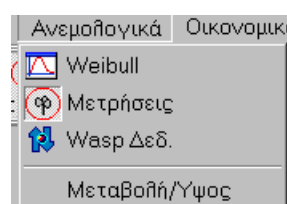
Είναι οι μέθοδοι, που θα μας επιτρέψουν να σταθμίσουμε τα τεχνικά στοιχεία (Ανεμολογικά, καμπύλες ισχύος κτλ) με τα οικονομικά (κόστος επένδυσης, χρηματοδοτήσεις αποσβέσεις κτλ) ώστε να γίνει η καλύτερη δυνατή επιλογή.

Χρησιμοποιούνται τέσσερις οικονομικοί δείκτες για την επιλογή:

- Ο **Χρόνος Αποπληρωμής** είναι ο χρόνος που απαιτείται για να συγκεντρωθούν από τα έσοδα του συστήματος τα κεφάλαια που επενδύθηκαν.
- Η **Καθαρή Παρούσα αξία** είναι σύνολο των εσόδων της επένδυσης ανοιγμένο στην παρούσα χρονική στιγμή.
- Ο **Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης** εκφράζει σε επιτόκιο την ετήσια απόδοση του κεφαλαίου που επενδύθηκε.
- Το **Κόστος Παραγωγής** εκφράζει την έννοια του νεκρού σημείου, δηλ το ελάχιστο τίμημα της ενέργειας ώστε η επένδυση να είναι οικονομικά βιώσιμη.

### I.3.e Εισαγωγή Ανεμολογικών Στοιχείων

Ο ΑΜΕΜΟΣ επεξεργάζεται τριών ειδών ανεμολογικά στοιχεία:

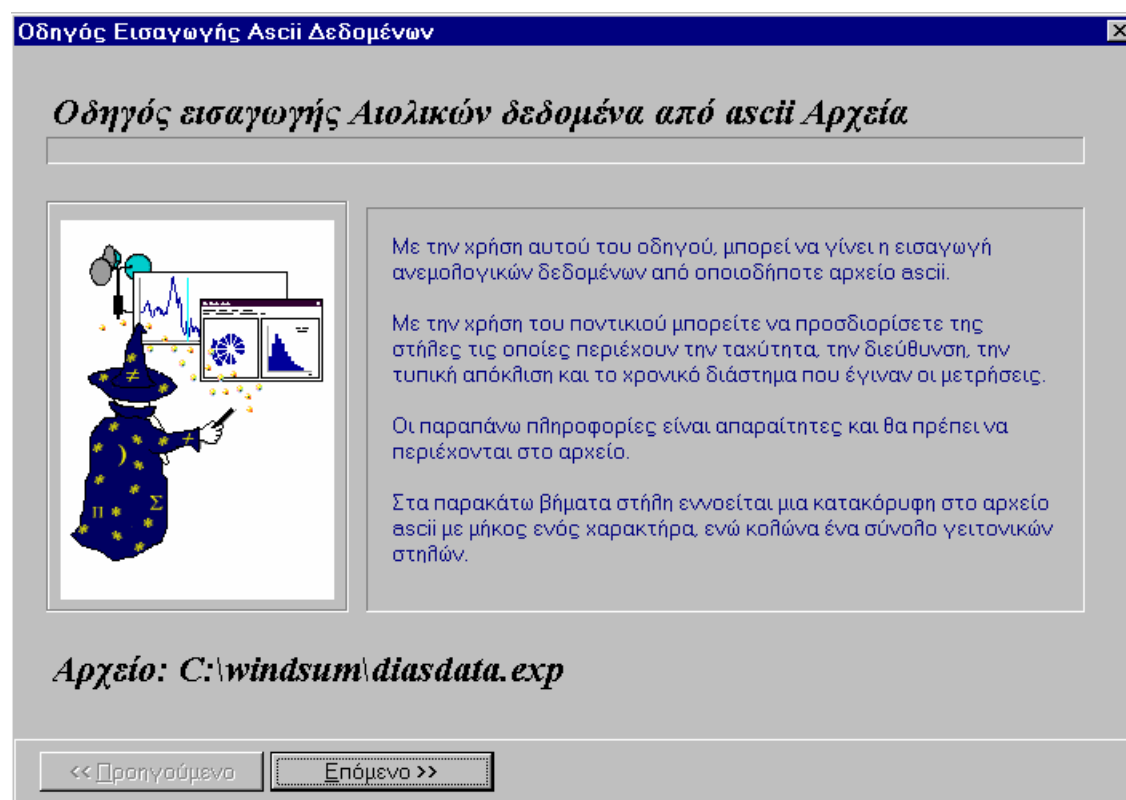


Χρονοσειρά μετρήσεων  
Απλή Καμπύλη Weibull και  
Δεδομένα επεξεργασμένα από το λογισμικό WasP.

Εικόνα I.3-3

Η επιλογή του είδους των ανεμολογικών στοιχείων γίνεται είτε από την οριζόντια γραμμή εντολών είτε από το μενού επιλογής.

Στην περίπτωση που έχουμε χρονοσειρά μετρήσεων, οι μετρήσεις αυτές έρχονται συνήθως σε αρχεία ascii και η εισαγωγή τους στο πρόγραμμα μπορεί να γίνει με την χρήση του “*Οδηγού εισαγωγής Ascii Αρχείων*” σε έξι (6) βήματα, προσδιορίζοντας σε κάθε βήμα τις στήλες που αντιπροσωπεύουν την ταχύτητα του ανέμου, την διεύθυνση, την τυπική απόκλιση, την ημερομηνία και την ώρα της μέτρησης.



Εικόνα I.3-4. Οδηγός εισαγωγής Ascii Αρχείων.

Στην συνέχεια μπορούμε να υπολογίσουμε κάποια πρώτα στατιστικά της χρονοσειράς είτε από την επιλογή “Μετρήσεις” είτε από τις “Εκτυπώσεις/Αναφορές”, και να υπολογίσουμε της παραμέτρους της κατανομής **Weibull**.

Οι μονάδες που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα για την ταχύτητα και την τυπική απόκλιση είναι (m/s) για την διεύθυνση (μοίρες).

Για τον σωστό υπολογισμό θα πρέπει οι μετρήσεις να συμπληρώνουν ένα πλήρες έτος (8760 ώρες)

Οι μετρήσεις παρουσιάζονται σε ένα γρήγορο γράφημα στην κορυφή του σχετικού διαλόγου ώστε να είναι εύκολος ο εντοπισμός λανθασμένων μετρήσεων. Η εναλλαγή όσον αφορά το τι παρουσιάζεται στο γράφημα γίνεται με τα κουμπάκια **T** (Ταχύτητα), **Δ** (Διεύθυνση), **TA** (Τυπική απόκλιση) που φαίνονται στο σχήμα.

Μια σημαντική παράμετρος που θα πρέπει να οριστεί γιατί έχει μεγάλη επίδραση στους υπολογισμούς, είναι η μεταβολή της ταχύτητας σε σχέση με την απόσταση από την επιφάνεια του εδάφους. Χρησιμοποιούνται δυο μέθοδοι η μέθοδος της τραχύτητας (λογαριθμικός νόμος) και η μέθοδος του 1/7 (εκθετικός νόμος) βλ. Παράρτημα συνοπτικό τυπολόγιο. Ο ορισμός της μεθόδου που θα ακολουθηθεί και οι παραμέτροι που χρειάζονται ορίζονται στον σχετικό διάλογο.

Μεταβολή / Ύψος

Μεταβολή του Ανέμου με το ύψος

Να μην γίνεται υπολογισμός

Ύψος Ανεμομέτρου (Z1): 10.00 m

Νόμος της τραχύτητας

Συντελεστής Τραχύτητας(Z0): 0.10 m

Νόμος του 1/7

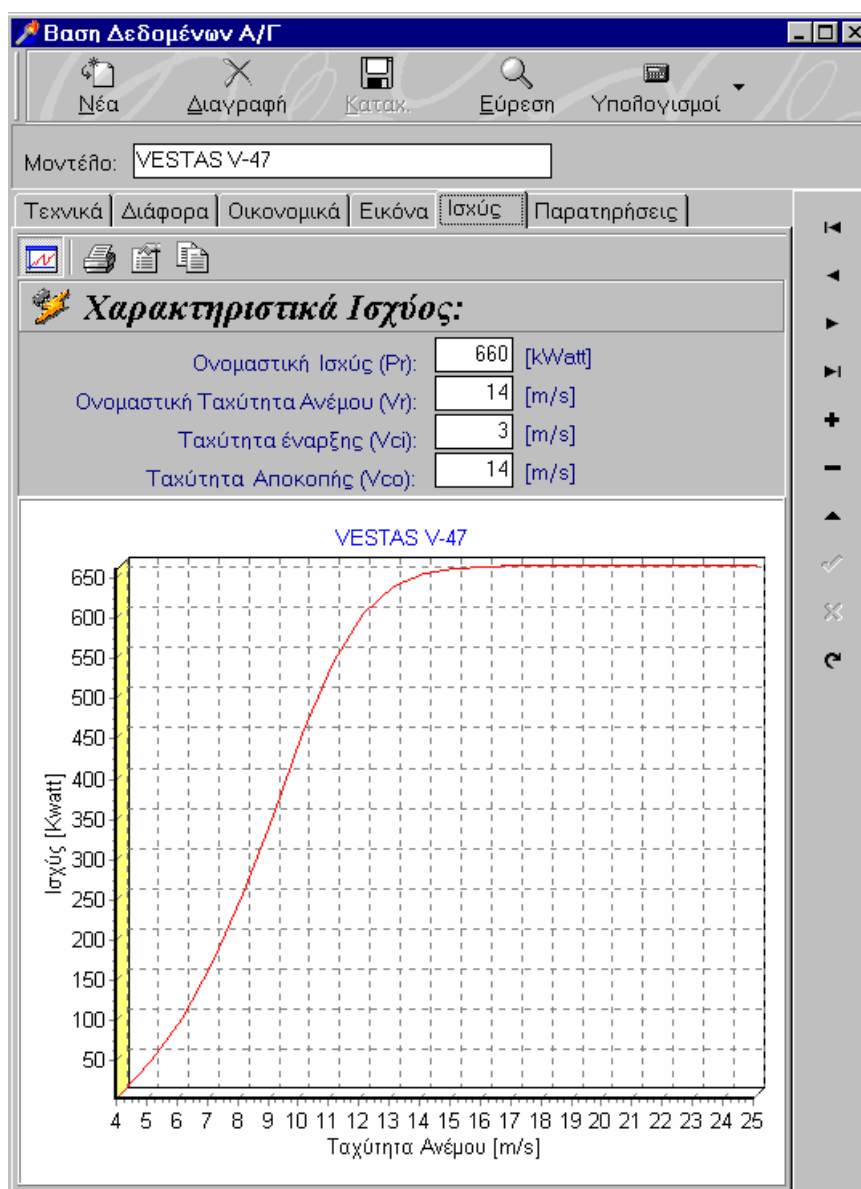
Εκθέτης: 0.17 m

Ακυρο Εντάξει

Εικόνα I.3-5. Παράμετροι υπολογισμού ταχύτητας.

Εκτός από την χρονοσειρά μετρήσεων το πρόγραμμα μπορεί να επεξεργαστεί μια απλή κατανομή Weibull ή επεξεργασμένα δεδομένα από το λογισμικό WASP. Τα δεδομένα Wasp αφορούν χωροθετημένα αιολικά πάρκα (\*.rsf) ή απλή θέση A/Γ. Σ' αυτήν την περίπτωση είναι προτιμότερο ο υπολογισμός της ταχύτητας του ανέμου να γίνεται στο ύψος της φτερωτής της υπό εξέταση A/Γ. Στις δύο παραπάνω περιπτώσεις η μόνη στατιστική επεξεργασία στα ανεμολογικά δεδομένα είναι η απεικόνιση της κατανομής Weibull. Επίσης είναι δυνατόν να οριστούν οι απώλειες σε ενέργεια ως ποσοστό επί της παραγωγής, οι οποίες υπολογίζονται είτε από νεώτερες εκδόσεις του WASP είτε από το λογισμικό Park.

### 1.3.f Βάση Δεδομένων Α/Γ



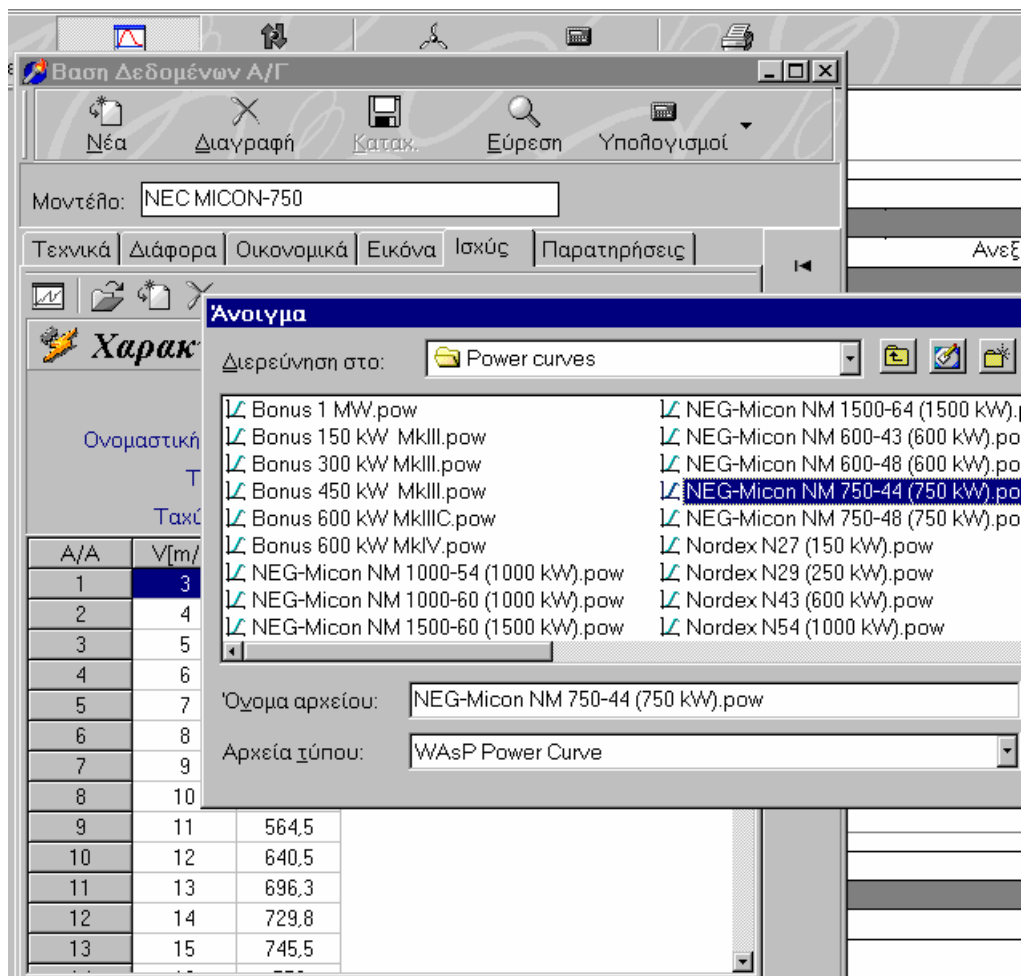
Εικόνα 1.3-6. Βάση δεδομένων Καμπύλων ισχύος Α/Γ

Στην βάση δεδομένων του προγράμματος είναι καταχωρημένες οι συνηθέστερες ανεμογεννήτριες της αγοράς, τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά η καμπύλη ισχύος της κάθε μιας, στοιχεία κόστους μια φωτογραφία και παρατηρήσεις σχετικά με το μοντέλο. Η βάση δεδομένων δεν είναι στατική αλλά μπορεί να εμπλουτιστεί από τον χρήστη του προγράμματος με νέα στοιχεία. Στο διάλογο της βάσης δεδομένων μπορεί να γίνει ένας πρώτος υπολογισμός για την παραγωγή του συγκεκριμένου μοντέλου στα ανεμολογικά στοιχεία που έχουν καταχωρηθεί στο πρόγραμμα.

Με την επιλογή Υπολογισμοί / Δοκιμή Weibull μπορούμε να δούμε πως συμπεριφέρεται το κάθε μοντέλο για διαφορές παραμέτρους της κατανομής.

Η καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας αποτελείται από ζεύγη τιμών (V,P) με πρώτη τιμή την ταχύτητα έναρξης και τελευταία τιμή την ταχύτητα αποκοπής.

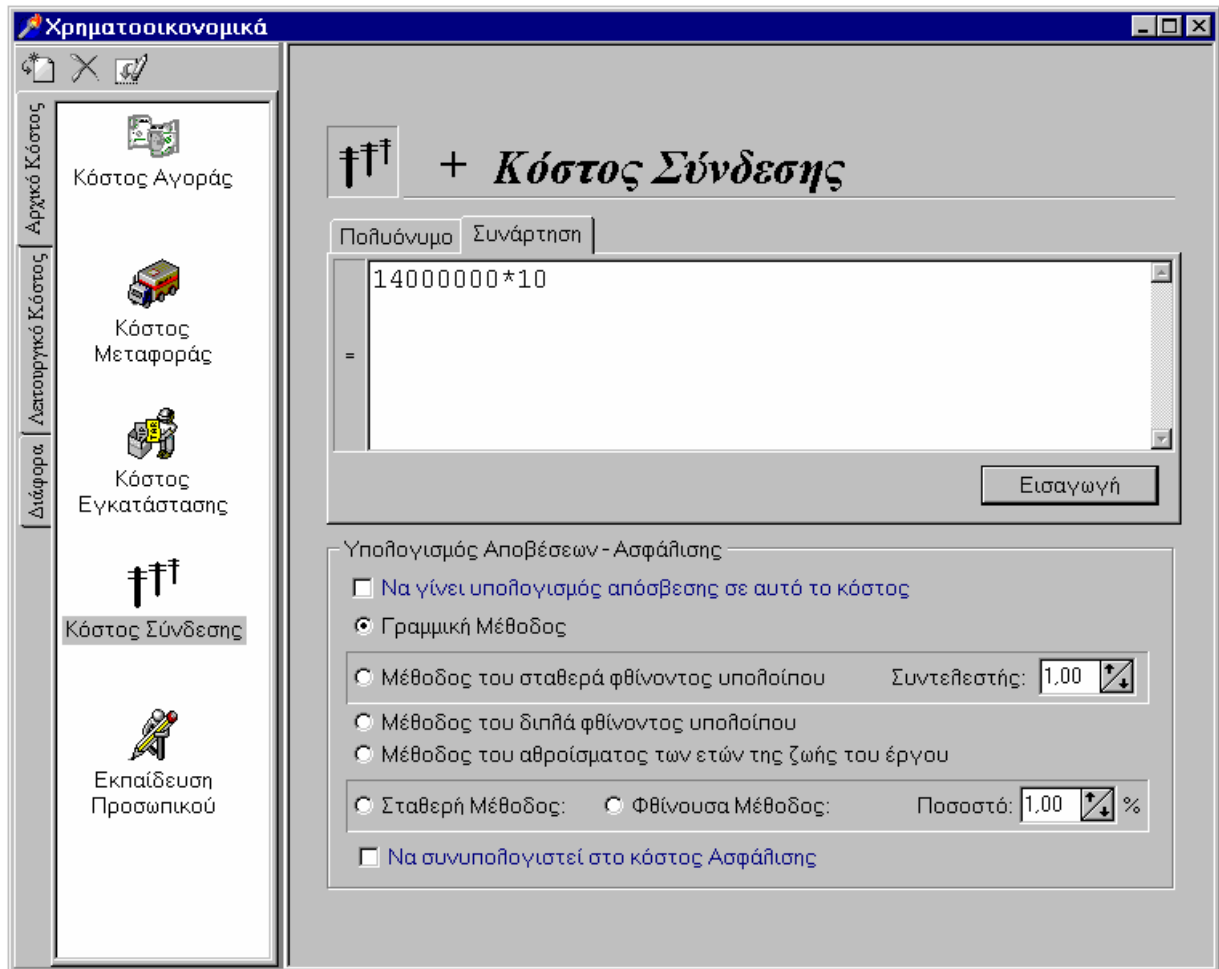
Είναι δυνατόν να γίνει εισαγωγή καμπύλης από τα αντίστοιχα αρχεία του WASP (\*.pow), η εισαγωγή γίνεται με την χρήση του κουμπιού εισαγωγής στην καρτέλα "Ισχύς".



Εικόνα Ι.3-7. Εισαγωγή Καμπύλης Ισχύος από το WASP

### 1.3.g Έργο – Χρηματοοικονομικά

Εκτός από τα τεχνικά στοιχεία του έργου, για τον πλήρη υπολογισμό της οικονομικότητας του έργου θα πρέπει να γίνει εισαγωγή στο πρόγραμμα των κοστολογίων του αιολικού πάρκου, των τιμολογίων πώλησης και αγοράς ενέργειας των ετήσιων μεταβλητών εξόδων - εσόδων (πλην πώλησης ενέργειας) κατά τη λειτουργία του πάρκου και άλλων οικονομικών παραμέτρων (π.χ. συντελεστής φορολογίας, ρυθμός αύξησης τιμήματος ηλεκτρικής ενέργειας κ.τ.λ).



Εικόνα 1.3-8. Αρχικά κόστη επένδυσης.

Όλα τα αρχικά κόστη (ακόμα και το κόστος αγοράς) της επένδυσης εισάγονται στον παραπάνω διάλογο στην καρτέλα “**Αρχικό κόστος**” με την μορφή είτε πολυωνύμου είτε σταθερής τιμής (πολυώνυμο με ένα συντελεστή α0) είτε ως συνάρτηση με γνωστές μεταβλητές:

Τον αριθμό των ανεμογεννητριών (WG).

Την ονομαστική ισχύ ανά Α/Γ (PR).

Την ονομαστική ταχύτητα λειτουργίας της Α/Γ (VR) ή

Το κόστος αγοράς ανά Α/Γ (buyCost).

Επίσης θα πρέπει μέσω αυτού του διαλόγου να καθοριστεί αν θα γίνεται απόσβεση σ' αυτό το κόστος, την μέθοδο<sup>2</sup> με την οποία θα υπολογιστεί το προς απόσβεση ποσό και αν αυτό το ποσό θα συμπεριληφθεί στον υπολογισμό του κόστους ασφάλισης. (σημ. το κόστος ασφάλισης συνήθως υπολογίζεται ως ποσοστό επί του συνολικού κόστους).

Με τον ίδιο τρόπο περιγράφονται και το ετήσιο λειτουργικό κόστος του πάρκου στην καρτέλα “**Λειτουργικό κόστος**” ενώ επιπλέον θα πρέπει να οριστεί ο ρυθμός αύξησης του κάθε επιμέρους κόστους, π.χ. είναι λογικό ότι η δαπάνη μισθοδοσίας θα αυξάνεται ετήσια με ρυθμό τουλάχιστον ίσο με τον πληθωρισμό και αυτό θα πρέπει να οριστεί στο πρόγραμμα.

Στην καρτέλα “**Διάφορα**” ορίζονται:

Ο αναμενόμενος ρυθμός αύξησης του τιμήματος της ενέργειας, και ο τρόπος χρηματοδότησης του έργου, αν δηλαδή μέρος του αρχικού κόστους θα προέλθει από δανεισμό με τι επιτόκιο και ποια θα είναι η διάρκεια αποπληρωμής, και αν υπάρξει κρατική επιχορήγηση σε τι ποσοστό επί της αρχικής δαπάνης και αν τα ποσά που θα προέλθουν από την επιχορήγηση θα συνυπολογιστούν στις αποσβέσεις.

#### ◆ **Ιδιότητες έργου**

Στον διάλογο αυτόν ορίζονται το είδος του σχεδιαζόμενου έργου (αυτοπαραγωγή ή ανεξάρτητη παραγωγή), ο επενδυτής το επιτόκιο προεξόφλησης (αναγωγής) του επενδυτή η αναμενόμενη διάρκεια ζωής του αιολικού πάρκου, ο συντελεστής φορολογίας και αναμενόμενοι ετήσιοι συντελεστές:

Διαθεσιμότητας, ορίζεται ως το ποσοστό του χρόνου που το πάρκο είναι διαθέσιμο για παραγωγή ενέργειας (δεν είναι σταματημένο για λόγους συντήρησης ή για άλλους τεχνικούς λόγους).

Απωλειών το ποσοστό της ενέργειας που χάνεται στην γραμμή μεταφοράς από το πάρκο μέχρι της γραμμής μεταφοράς της Δ.Ε.Η. για τον υπολογισμό του υπάρχει ειδική διαδικασία στο μενού υπολογισμός, το οποίο υπολογίζει τις απώλειες σε σχέση με την καμπύλη ισχύος και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της γραμμής μεταφοράς.

Διείσδυσης το ποσοστό της ενέργειας που μπορεί να απορροφηθεί από την ΔΕΗ για ετήσιως.

#### ◆ **Υπολογισμοί**

Αφού εισάγουμε τα ανεμολογικά στοιχεία ορίσουμε τα κοστολόγια, τα μεταβλητά κόστη, και τις λοιπές παραμέτρους της επένδυσης, όπως αναφέρθηκαν προηγούμενα μπορούμε να κάνουμε τον οικονομικό υπολογισμό δηλαδή να υπολογίσουμε τους οικονομικούς δείκτες.

Ο υπολογισμός γίνεται επιλέγοντας από την βάση δεδομένων ένα μοντέλο, και αν το μοντέλο αυτό διατίθεται με διάφορα ύψη πυλώνων να οριστεί το ύψος του πυλώνα και τον αριθμό των προς εγκατάσταση Α/Γ.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Βλ. Παράρτημα Μέθοδοι υπολογισμού αποσβέσεων.

<sup>3</sup> Σε περίπτωση Ανεμολογικών δεδομένων από Πάρκο του WASP ο αριθμός και οι θέσεις των ανεμογεννητριών εμπεριέχονται στο πάρκο.

Μετά τον πρώτο οικονομικό υπολογισμό μπορούμε να δούμε αν η προς εξέταση επένδυση είναι οικονομικά συμφέρουσα, και μια τέτοια επένδυση είναι συμφέρουσα όταν:

Ο χρόνος αποπληρωμής είναι μικρός <7 ετών.

Η Καθαρή παρούσα αξία είναι θετική

Το IRR είναι μεγαλύτερο από ένα μια σίγουρη απόδοση, π.χ. το επιτόκιο των έντοκων ομολόγων του δημοσίου ~ 10%.

Μετά τον πρώτο υπολογισμό γίνεται η ανάλυση ευαισθησίας, για να δούμε πως συμπεριφέρονται οι οικονομικοί δείκτες με την αλλαγή των παραμέτρων της επένδυσης.

	Από	Εως	Βήματα	
<input checked="" type="checkbox"/> Weibull (C)	5,00 m/s	-50	50	10
<input checked="" type="checkbox"/> Αρχικό Κόστος	136.000.000 Δρχ	-50	50	10
<input checked="" type="checkbox"/> Διάρκεια Ζωής	20 Έτη	-50	50	10
<input checked="" type="checkbox"/> Επιτόκιο Αναγωγής	8,00 %	-50	50	10
<input checked="" type="checkbox"/> Διαθεσιμότητα Εξοπλισμού	97,00 %	-50	3	10

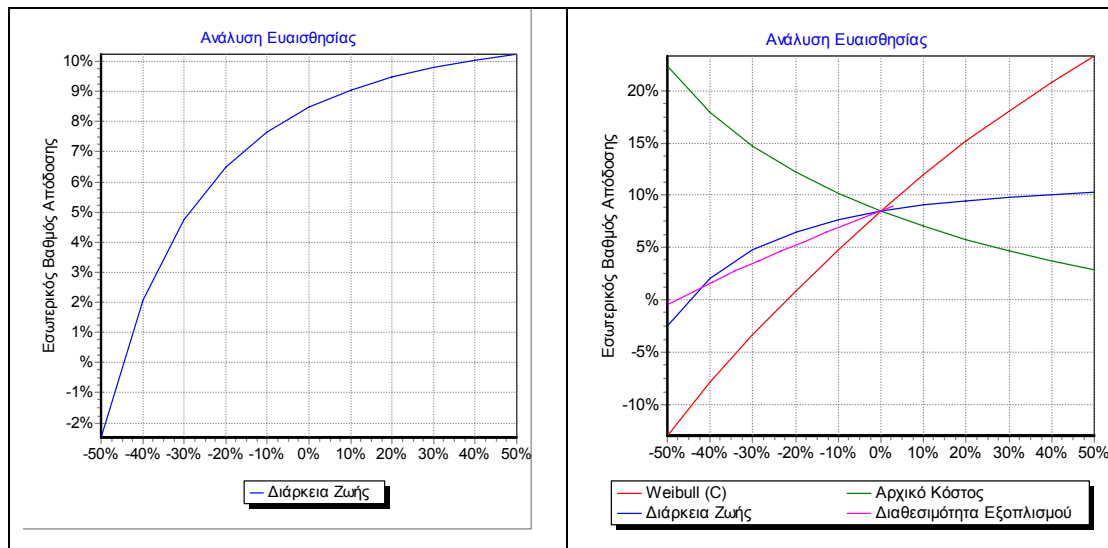
Εικόνα I.3-9. Ανάλυση Ευαισθησίας

Στα πλαίσια ορίζουμε την ελάχιστη και την μέγιστη ποσοστιαία μεταβολή για την κάθε παράμετρο, και τον αριθμό των βημάτων μεταβολής της κάθε παραμέτρου. Για παράδειγμα για την διάρκεια ζωής η μεταβολή από -50% έως 50% σε δέκα βήματα σημαίνει ότι θα υπολογιστούν οι οικονομικοί δείκτες για τις ακόλουθες τιμές

Διάρκεια Ζωής	Διάρκεια Ζωής
-50%	10,00
-40%	12,00
-30%	14,00
-20%	16,00
-10%	18,00
<b>0%</b>	<b>20,00</b>
+10%	22,00
+20%	24,00
+30%	26,00
+40%	28,00
+50%	30,00

Στο παρακάτω γράφημα (αριστερά) φαίνεται η μεταβολή του εσωτερικού βαθμού απόδοσης (IRR) σε σχέση με την μεταβολή της διάρκειας ζωής, αν τώρα κατά τον

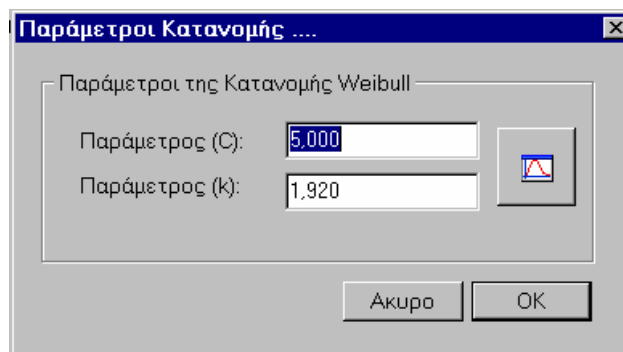
ίδιο τρόπο μεταβάλουμε και τις υπόλοιπες παραμέτρους και τις αποτυπώσουμε στο ίδιο γράφημα θα προκύψει το συνολικό γράφημα της ανάλυσης ευαισθησίας (δεξιά).



Εικόνα Ι.3-10. Μεταβολή του εσωτερικού βαθμού απόδοσης (IRR)

### 1.3.h Παράδειγμα

*Σε δεδομένη τοποθεσία έχει μετρηθεί η ταχύτητα του ανέμου και βρέθηκαν, κατανομή weibull ( $c=7.0$ ,  $k=1.95$ ) να γίνει οικονομοτεχνική ανάλυση και να επιλεγεί μια ανεμογεννήτρια προς εγκατάσταση. Μέχρι πόσο είναι το μέγιστο κόστος της επένδυσης ώστε η επένδυση να είναι οικονομικά συμφέρουσα.*



Σύμφωνα με τα προηγούμενα το πρώτο πράγμα που θα ορίσουμε είναι τα ανεμολογικά στοιχεία. Από το μενού *Ανεμολογικά* δίνουμε την διαταγή *Weibull* και στα πλαίσια συμπληρώνουμε τις παραμέτρους της κατανομής. Με την χρήση του κουμπιού γραφήματος μπορούμε να δούμε το γράφημα της κατανομής και να υπολογίσουμε την μέση τιμή του ανέμου στην οποία αντιστοιχεί στην κατανομή.

Στη συνέχεια θα πρέπει να ορίσουμε την τιμή πώλησης της ενέργειας. Αυτό γίνεται από την διαταγή *Τιμές πώλησης* του μενού *Οικονομικά*. Εδώ μπορούμε να ορίσουμε διαφορετικές τιμές ανάλογα με τις περιόδους του έτους, την ημέρα και την ώρα, τα οποία όμως έχουν εφαρμογή μόνο σε περίπτωση χρονοσειράς μετρήσεων. Ορίζουμε λοιπόν την ίδια τιμή για όλες τις ώρες της ημέρας 23,96 δρχ. όπως ορίζεται στην σχετική νομοθεσία (βλέπε παράρτημα).

Έπειτα θα πρέπει να ορίσουμε τα κοστολόγια τα μεταβλητά κόστη και τις υπόλοιπες οικονομικές παραμέτρους. Εξ ορισμού το πρόγραμμα ορίζει:

Το **Κόστος Αγοράς** ως πολυώνυμο με μεταβλητή το κόστος αγοράς των ανεμογεννητριών που θα επιλεγούν από την βάση Δεδομένων.

Το **Κόστος μεταφοράς**. Ως πρώτη εκτίμηση μπορούμε να δώσουμε το 5% του κόστους αγοράς, ορίζοντας τον τρόπο υπολογισμού ως πολυώνυμο με δύο συντελεστές, στον πρώτο συντελεστή (**a0**) δίνουμε 0 στον δεύτερο (**a1**) 0,05 και σαν μεταβλητή το κόστος αγοράς έτσι το κόστος μεταφοράς θα υπολογίζεται με την σχέση:

$$\text{(Κόστος Μεταφοράς)} = 0,05 \times \text{(Κόστος Αγοράς)} + 0,0$$

Το **Κόστος εγκατάστασης** κατά τον ίδιο τρόπο ως πρώτη εκτίμηση μπορεί να οριστεί στο 10% του κόστους αγοράς

Το **Κόστος σύνδεσης** εξαρτάται από την απόσταση του προς εγκατάσταση πάρκου από τις γραμμές μεταφοράς της ΔΕΗ το είδος της γραμμής που απαιτείται κ.α. Ως πρώτη εκτίμηση μπορούμε να δώσουμε 30% του κόστους αγοράς.

Στην **εκπαίδευση προσωπικού** δίνουμε σταθερό κόστος 5 εκ. δρχ που είναι το κόστος εκπαίδευσης ενός μηχανικού στην χώρα παραγωγής του μοντέλου της Α/Γ.

Εισάγουμε το κοστολόγιο **Έργα πολιτικού μηχανικού**, για τις διανοίξεις δρόμων προσπέλασης πλατείες εγκατάστασης κτλ 20% του κόστους αγοράς. Με την μέθοδο (Drag and drop) μεταφέρουμε αυτό το κοστολόγιο πριν από το κόστος σύνδεσης για να υπάρχει σωστή σειρά εμφάνισης των κοστολογίων.

Και τέλος θα πρέπει να προσθέσουμε μια επιπλέον παράμετρο στον υπολογισμό του κόστους, **τα απρόβλεπτα** ως 10% του κόστους αγοράς.

Για όλα τα κόστη επιλέγουμε δίνουμε “*Να γίνει υπολογισμός απόσβεσης*” και επιλέγουμε την γραμμική μέθοδο απόσβεσης. Επίσης για όλα εκτός των απρόβλεπτων και της εκπαίδευσης προσωπικού δίνουμε “*να συνυπολογιστεί στο κόστος ασφάλισης*”.

Στα λειτουργικά κόστη, με την μέθοδο του πολυωνύμου ορίζουμε τα παρακάτω:

**Κόστος Συντήρησης** 2% του συνολικού κόστους.

**Κόστος Προσωπικού** 5.000.000 δρχ. ετησίως

**Κόστος Ασφάλισης** 1% του προς ασφάλιση κόστους.

Προς ασφάλιση κόστος είναι το σύνολο όσων επιμέρους κοστολογίων έχουν την ένδειξη “*Να συνυπολογιστεί στο κόστος ασφάλισης*”.

Είμαστε έτοιμοι να κάνουμε τον πρώτο υπολογισμό των οικονομικών δεικτών, με την χρήση της διαταγής “**Υπολογισμός**”.

Εκτελούμε και τους υπολογισμούς ανάλυση ευαισθησίας, κόστος παραγωγής και στην συνέχεια τυπώνουμε με την διαταγή αναφορές τυπώνουμε την **Αναφορά Έργου** στην οποία φαίνονται όλα οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό.

Για να τυπώσουμε τα γραφήματα ανάλυσης ευαισθησίας με μεγαλύτερη ευκρίνεια. Από τις αναφορές / οικονομικά επιλέγουμε ανάλυση ευαισθησία και στον διάλογο

Εκτύπωση διαμορφώνουμε τις επιλογές της εκτύπωσης. Για να εντοπίσουμε το μέγιστο κόστος ώστε να είναι οικονομικά συμφέρουσα η επένδυση παρατηρούμε σε ποιο σημείο η καθαρή παρούσα αξία γίνεται μηδενική.

Ερωτήσεις-Ασκήσεις

Στον κατάλογο παραδείγματα, υπάρχει χρονοσειρά μετρήσεων με το όνομα sample.dat να γίνει οικονομοτεχνική ανάλυση όπως στο παράδειγμα. Να εξεταστεί η περίπτωση αυτοπαραγωγής αν οι ανάγκες του επενδυτή είναι σε καθημερινή βάση (πλην Σαββάτου και Κυριακής) 2000 KW.

Να γίνει εισαγωγή στην βάση δεδομένων της παρακάτω ανεμογεννήτριας και να υπολογιστεί η απόδοση (capacity factor) σε σχέση με την μέση τιμή του ανέμου (στο ύψος του πυλώνα).

Nordex N43 (600 kW)

3.0	2.0
4.0	17.0
5.0	45.0
6.0	72.0
7.0	124.0
8.0	196.0
9.0	277.0
10.0	364.0
11.0	444.0
12.0	533.0
13.0	584.0
14.0	618.0
15.0	619.0
16.0	618.0
17.0	619.0
18.0	620.0
19.0	610.0
20.0	594.0
21.0	592.0
22.0	590.0
23.0	580.0
24.0	575.0
25.0	570.0

Power curve supplied by:  
Nordex Balcke-Dórr GmbH  
Svindbaek  
DK-7323 Give, Denmark  
Phone +45 75 73 44 00  
Fax +45 75 73 41 47  
Email nordex@nordex.dk

Αν στο παράδειγμα η μέθοδος υπολογισμού αποσβέσεων γίνει μέθοδος του διπλά φθίνοντος υπολοίπου παρατηρούμε αύξηση της καθαρής παρούσας αξίας και του IRR γιατί συμβαίνει αυτό; Εφαρμόστε διαφορετικές μεθόδους απόσβεσης για κάθε κοστολόγιο και παρατηρήστε της μεταβολές. Εξηγήστε τον πίνακα υπολογισμού αποσβέσεων.

Μετά από νέα εκτίμηση το κόστος συντήρησης του αιολικού πάρκου στο παράδειγμα είναι 4.000.000 δρχ ετησίως αυξανόμενο 2% ετησίως, πως επηρεάζει η μεταβολή αυτή τους οικονομικούς δείκτες.

Στο φάκελο παραδείγματα υπάρχει ένα χωροθετημένο αιολικό πάρκο (sample.rsf) να υπολογιστούν οι αποδόσεις του αν οι απώλειες από τις αλληλεπιδράσεις των ανεμογεννητριών είναι όπως στον παρακάτω πίνακα

C1	1,7%
C2	2,7%
C3	3,4%
C4	3,0%
C5	2,0%
C6	4,2%
C7	7,4%
C8	9,3%
C9	8,0%

Να υπολογιστούν οι αποδόσεις του πάρκου αν για λόγους ασφαλείας η Α/Γ σταματά να λειτουργεί στα 18 m/s.

◆ **Συντομεύσεις**

A/Γ	Ανεμογεννήτρια
Vci	Ταχύτητα έναρξης Λειτουργίας Α/Γ
Vco	Ταχύτητα αποκοπής Λειτουργίας Α/Γ
Vr	Ονομαστική Ταχύτητα Λειτουργίας Α/Γ
Pr	Ονομαστική Ισχύς Α/Γ
ΚΠΑ	Καθαρή παρούσα Αξία
IRR	Εσωτερικός βαθμός Απόδοσης
ΧΑΠ	Χρόνος Αποπληρωμής
ΚΠΑΡ	Κόστος Παραγωγής

**1.3.i Παράρτημα: Μέθοδοι υπολογισμού αποσβέσεων**

◆ **Γραμμική μέθοδος**

Με την γραμμική μέθοδος το κόστος του παγίου κατανέμεται σε όλη την διάρκεια της ζωής του έργου. Το ποσό της ετήσιας απόσβεσης είναι:

$$\frac{\text{Κόστος}}{\text{(Διάρκεια Ζωής του έργου)}}$$

◆ **Μέθοδος του σταθερά φθίνοντος υπολοίπου**

Η μέθοδος του σταθερά φθίνοντος υπολοίπου υπολογίζει την απόσβεση με επιταχυνόμενο ρυθμό. Η απόσβεση είναι μεγαλύτερη κατά την πρώτη περίοδο και μειώνεται στις επόμενες περιόδους. Η μέθοδος χρησιμοποιεί τον εξής τύπο για τον υπολογισμό της απόσβεσης σε μια χρονική περίοδο:

$$\frac{\text{Κόστος} - (\text{συνολική απόσβεση προηγούμενων περιόδων}) * \text{Συντελεστής}}{\text{(Διάρκεια Ζωής του έργου)}}$$

◆ **Μέθοδος του διπλά φθίνοντος υπολοίπου**

Είναι η ίδια ακριβώς μέθοδος με την παραπάνω με τον συντελεστή να έχει την τιμή 2. Μέθοδος του αθροίσματος της σειράς ζωής του έργου

Αποδίδει την απόσβεση παγίου σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο, βάσει του χρόνου ζωής του. Είναι επίσης επιταχυνόμενη μέθοδος και ο τύπος υπολογισμού της ετήσιας απόσβεσης είναι:

$$\frac{\text{Κόστος} * (\text{Διάρκεια Ζωής} - \text{Περίοδος} + 1) * 2}{(\text{Διάρκεια Ζωής}) * (\text{Διάρκεια Ζωής} + 1)}$$

◆ **Σταθερή μέθοδος**

Με την μέθοδο αυτή ένα σταθερό ποσοστό αποσβένεται κάθε χρόνο μέχρι την πλήρη απόσβεση του παγίου.

◆ **Φθίνουσα μέθοδος**

Και πάλι η ετήσια απόσβεση υπολογίζεται με ποσοστό με την διαφορά, ότι υπολογίζεται επί του αναπόσβεστου υπολοίπου, έτσι και αυτή η μέθοδος είναι επιταχυνόμενη. Όταν το αναπόσβεστο ποσό γίνει λιγότερο από το 10% του αρχικού το ποσό αυτό μπορεί να αποσβεστεί εξ' ολοκλήρου.

Παράρτημα: Συνοπτικό Τυπολόγιο

Ανεμολογικά δεδομένα

**I.3.j Καμπύλη διάρκειας της Weibull:**

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

Οπου:

C : Η παράμετρος Κλίμακας

k: Η παράμετρος Μορφής

Συνάρτηση Πυκνότητας Πιθανότητας

$$P(V) = \frac{k}{C} \cdot \left(\frac{V}{C}\right)^{k-1} \cdot e^{-\left(\frac{V}{C}\right)^k} \quad (2)$$

Μέση τιμή:

$$V_m = C \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad (3)$$

Διασπορά:

$$\sigma^2 = C^2 \cdot \left\{ \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) - \left[ \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \right]^2 \right\} \quad (4)$$

Οπου:

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} t^{x-1} \cdot e^{-t} \cdot dt \quad \text{η συνάρτηση Γάμα}$$

Υπολογισμός των k,C της κατανομής Weibull

Από την καμπύλη διάρκειας της κατανομής Weibull

$$P(U \geq V) = e^{-\left(\frac{V}{C}\right)^k} \quad (5)$$

Λογαριθμίζοντας παίρνουμε:

$$\ln(P) = -\left(\frac{V}{C}\right)^k \quad (6)$$

και αν ξαναλογαριθμήσουμε:

$$\ln(-\ln(P)) = \ln\left(\frac{V}{C}\right)^k = k \cdot (\ln(V) - \ln(C)) = k \cdot \ln(V) - k \cdot \ln(C) \quad (7)$$

Θέτοντας:

$$Y = \ln(-\ln(P)) \quad (8)$$

$$X = \ln(V) \quad (9)$$

$$B = -k \cdot \ln(C) \quad (10)$$

Η εξίσωση (7) γίνεται :

$$Y = k \cdot X + B \quad (8)$$

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%
...	...

Από την σχέση (7) μπορούμε με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων να υπολογίσουμε τα  $k, B$  και έπειτα το  $C$  από την σχέση (10):

$$C = e^{\left(-\frac{B}{k}\right)} \quad (11)$$

Μεταβολή της τραχύτητας του ανέμου με το ύψος:

α) Λογαριθμικός νόμος

$$V_z = V_H \cdot \frac{\text{Ln}\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\text{Ln}\left(\frac{H}{z_0}\right)} \quad (12)$$

### **I.3.k β) Εκθετικός Νόμος (1/7)**

$$V_z = V_H \cdot \left(\frac{z}{H}\right)^\alpha \quad (13)$$

Οπου:

H: Το ύψος του ανεμογράφου (m)

z: Το ύψος στο οποίο θέλουμε να υπολογίσουμε την ταχύτητα (m)

z<sub>0</sub> Η τραχύτητα του εδάφους (m)

V<sub>H</sub> Η ταχύτητα σε ύψος (H) (m/s)

V<sub>z</sub> Η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος (z) (m/s)

### **I.3.l Ετήσια παραγωγή ενέργειας από Α/Γ**

$$E = \sum_{t=1}^N F(V) \cdot \Delta t \quad (14)$$

Οπου:

F(V): Η συνάρτηση που περιγράφει την Καμπύλη ισχύος της Α/Γ (V σε m/s και F(V) σε Kwatt).

N: Ο αριθμός των μετρήσεων στο έτος. (8760 για ωριαίες μετρήσεις)

Δt Το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο μετρήσεων (Ωρες)

### **I.3.m Οικονομικές Συναρτήσεις**

#### **♦ Χρηματοροή παρόντος, σε χρηματοροή μέλλοντος υπό συνθήκες πληθωρισμού:**

$$K_T = K_0 \cdot (1 + e)^T \quad (15)$$

Οπου:

K<sub>0</sub>: Η τωρινή αξία της χρηματοροής

K<sub>T</sub>: Η μελλοντική αξία της χρηματοροής

e: Πληθωρισμός

T: Η χρονική απόσταση από το παρόν (έτη)

#### **♦ Ετήσια δόση Δανείου:**

$$a = \frac{K \cdot i}{1 - \frac{1}{(1+i)^N}} \quad (16)$$

Οπου:

K: Το δανειζόμενο κεφάλαιο

i: Επιτόκιο χορηγήσεων

N: Ο αριθμός των δόσεων

Ο τόκος που εμπεριέχεται στην (t) δόση είναι:

$$T = a - \frac{a}{(1+i)^{N-t+1}} \quad (17)$$

Καθαρή παρούσα αξία επένδυσης:

$$\text{ΚΠΑ} = \sum_{t=1}^N \frac{C_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (18)$$

Οπου:

C<sub>t</sub>: Η αναμενόμενη καθαρή ταμειακή ροή που θα γίνει στο χρόνο (t)

i: Το επιτόκιο προεξόφλησης

N: Η διάρκεια ζωής της επένδυσης.

I<sub>0</sub>: Το αρχικό κόστος της επένδυσης.

Ο εσωτερικός ρυθμός απόδοσης (EPA ή IRR) είναι το επιτόκιο εκείνο, που μηδενίζει την παρούσα αξία της επένδυσης δηλ :

$$\sum_{t=1}^N \frac{C_t}{(1+IRR)^t} = I_0 \quad (19)$$

### **I.3.n ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ**

Το αρχικό κόστος επένδυσης I<sub>0</sub> ενός αιολικού πάρκου αποτελείται από το κόστος αγοράς των αιολικών μηχανών και το κόστος εγκατάστασης του.

Το αρχικό κόστος μπορεί να αναλυθεί ως εξής:

1.	Μετεωρολογικός Ιστός	Περιλαμβάνει το κόστος αγοράς και εγκατάστασης του Ιστού στην θέση του Πάρκου
2.	Αγορά Α/Π	Το κόστος αγοράς των μηχανών, συμπεριλαμβανομένου και του κόστους των πύργων ή του κόστους κατασκευής τους εφόσον δεν αγοραστούν από την εταιρεία παραγωγής των Α/Γ
3.	Μεταφορά και Ασφάλιστρα	Μεταφορά των Α/Γ από την εταιρεία παραγωγής στην θέση εγκατάστασης του Αιολικού Πάρκου
4.	Συναρμολόγηση και Εγκατάσταση	Όλα τα έξοδα (γερανοί, εργατικά μεταφορικά γερανών) που απαιτούνται για την ανέγερση του Αιολικού Πάρκου

5.	Μετρητικές Διατάξεις	Καλωδιώσεις και Software για την παρακολούθηση της λειτουργίας του πάρκου.
6.	Ειδικός Ηλεκτρονικός Εξοπλισμός	Επιπλέον εξοπλισμός για κάθε ανεμογεννήτρια. Μετασχηματιστές, γειώσεις, Αντικεραυνική προστασία, σύστημα διόρθωσης συν(φ) κτλ.
7.	Έργα Πολιτικού Μηχανικού	Εκσκαφές, επιχώσεις, διαμόρφωση πλατειών για την εγκατάσταση των Α/Γ, διάνοιξη δρόμων, κτίριο ελέγχου, έπιπλα - γραφεία κτλ.
8.	Γενικός Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός	Ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός που απαιτείται για όλο το πάρκο
9.	Σύνδεση με το Δίκτυο	Γραμμή μεταφοράς ενέργειας και κόστος υποσταθμού.
10.	Μελέτες & Αδειες	Όλες οι μελέτες, οι άδειες και τα παράβολα που απαιτούνται μέχρι και την άδεια λειτουργίας του πάρκου.
11.	Εκπαίδευση Προσωπικού	Το κόστος εκπαίδευσης του προσωπικού που θα αναλάβει την συντήρηση και την επίβλεψη του Αιολικού πάρκου
12.	Απρόβλεπτα	Υπολογίζονται σε 5% όλων των παραπάνω για τυχόν δαπάνες που θα προκύψουν στην πορεία εκτέλεσης του έργου

### **I.3.ο ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΕΞΟΔΑ**

Οι σημαντικότερες λειτουργικές δαπάνες ενός αιολικού πάρκου είναι οι παρακάτω:

#### **Δαπάνες συντήρησης, ανταλλακτικά - Έξοδα τακτικού Service**

##### **Δαπάνες Ασφάλισης.**

Το κόστος ασφάλισης καθορίζεται από τις ασφαλιστικές εταιρίες και διαφέρει από εγκατάσταση σε εγκατάσταση και τους όρους του ασφαλιστηρίου. Μια πρώτη εκτίμηση του κόστους ασφάλισης είναι της τάξης 1% του κόστους της εγκατάσταση που επιδέχεται ασφάλιση (Μετεωρολογικός ιστός, Αγορά Α/Π, Μετρητικές διατάξεις, Ειδικός Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός, Έργα Πολιτικού Μηχανικού, Γενικός Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός και σύνδεση με το δίκτυο).

##### **Δαπάνες μισθοδοσίας εργαζομένων.**

Κόστος μισθοδοσίας ειδικευμένου προσωπικό (1-2 άτομα) που θα επιβλέπει την ομαλή λειτουργία της Α/Γ.

**Διάφορες δαπάνες (Δημοτικά τέλη, δαπάνες καλλωπισμού χώρων, δεντροφύτευσης κτλ).**

### **I.3.ρ ΤΟΚΟΙ-ΔΑΝΕΙΑ**

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

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

Οπου: T: τόκος  
i: το επιτόκιο χορηγήσεων.

N: η περίοδος της δόσης  
a: η δόση του δανείου και δίνεται από την σχέση :

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

**Σχέση Β**

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

Οι τόκοι των δανείων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να υπολογιστεί το ποσό της ετήσιας επιδότησης επιτοκίου για τα τέσσερα πρώτα χρόνια όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

### **I.3.q ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ**

Με τις αποσβέσεις κατανέμεται το κόστος του πάγιου περιουσιακού στοιχείου σε όλα τα χρόνια της ωφέλιμης ζωής του. Οι αποσβέσεις είναι ένα έξοδο που δεν συνεπάγεται την πληρωμή μετρητών, αλλά που όμως, επηρεάζει την ροή μετρητών, επειδή μεταβάλουν το φορολογητέο ποσό.

Για τον υπολογισμό των αποσβέσεων χρησιμοποιούνται διαφορετικές μέθοδοι απόσβεσης και συντελεστές (βλ. Πίνακας Υπολογισμού Αποσβέσεων) ανάλογα με το προς απόσβεση κόστος σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία.

Επειδή ενδεχομένως μέρος του κόστους να προέρχεται από επιδότηση το κόστος που αναλογεί στην επιδότηση μπορεί να αποσβένεται ή να μην αποσβένεται.

### **I.3.r ΦΟΡΟΛΟΓΙΑ**

Η φορολογία υπολογίζεται ως εξής:

$$\begin{aligned} \text{Φορολογία} &= \text{Συντελεστής φορολογίας} * \text{Κέρδοι Προ Φόρων} \\ &\text{Και} \\ \text{Κέρδη προ Φόρων} &= \text{Κέρδη προ αποσβέσεων Τόκων και Φόρων} \\ &\quad - \text{Αποσβέσεις} \\ &\quad - \text{Τόκοι} \end{aligned}$$

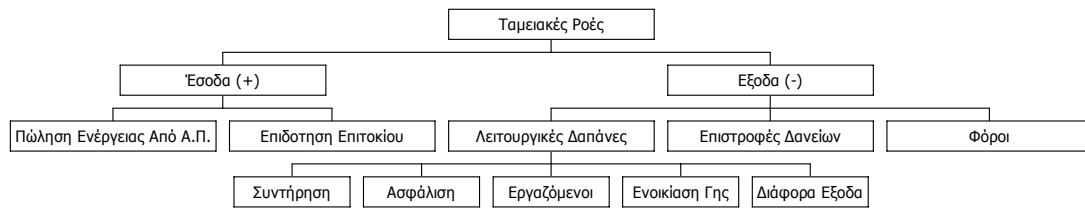
### **I.3.s ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ**

Στην περίπτωση του Αιολικού πάρκου η διάρκεια της οικονομικής ζωής της επένδυσης καθορίζεται από τη διάρκεια της τεχνικής ζωής των Α/Γ, η οποία προσδιορίζεται στα 20 χρόνια.

### **I.3.t ΚΑΘΑΡΕΣ ΤΑΜΕΙΑΚΕΣ ΡΟΕΣ**

$$\begin{aligned} \text{Καθαρή ροή μετρητών} &= \text{Εισροή μετρητών} - \text{Εκροή μετρητών} \\ \text{Κέρδη προ Φόρων} &= \text{Έσοδα του έργου} - \text{Έξοδα εκτός αποσβέσεων} \end{aligned}$$

Ο υπολογισμός των καθαρών ταμειακών ροών έχει γίνει όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα:



### **I.3.υ Οικονομικοί δείκτες αξιολόγησης Επενδύσεων**

Η οικονομική αξιολόγηση υποψηφίων έργων στον ενεργειακό τομέα επιτυγχάνεται, με τη σύγκριση του βαθμού μακροπρόθεσμης οικονομικής βιωσιμότητας κάθε εναλλακτικής λύσης, και γίνεται με οικονομικούς δείκτες ή κριτήρια.

Επειδή όπως αναφέρθηκε προηγούμενα η επένδυση θα χρηματοδοτηθεί και με επιδότηση οι οικονομικοί δείκτες που ακολουθούν, εκφράζουν την αποδοτικότητα των ιδίων κεφαλαίων της επένδυσης.

Οι δείκτες αυτοί προσδιορίζουν την οικονομικότητα μιας επένδυσης σε σχέση με τον επενδυτή και είναι:

#### **◆ ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (Κ.Π.Α.)**

Η έννοια της Κ.Π.Α. είναι απλή: συγκρίνεται η παρούσα αξία των προβλεπόμενων καθαρών ταμειακών ροών που δίνει ένα επενδυτικό έργο με την αρχική του δαπάνη και η σύγκριση αυτή πραγματοποιείται στο χρόνο μηδέν.

Η Κ.Π.Α. δίνεται από την σχέση:

$$Κ.Π.Α. = \sum_{t=1}^N \frac{T_t}{(1+i)^t} - (I_0 - Y.A.) \quad \text{Σχέση C}$$

Όπου:

- $T_t$ : Καθαρή ταμειακή εισροή της επένδυσης για τη χρονική περίοδο  $t$ .
- $N$ : ο συνολικός αριθμός περιόδων της επένδυσης.
- $i$ : το κατάλληλο επιτόκιο προεξόφλησης
- $I_0$ : το συνολικό κόστος επένδυσης ανοιγμένο στο χρόνο αναφοράς.
- $Y.A.$ : Υπολειμματική αξία της επένδυσης.<sup>4</sup>

Παρατηρείται ότι είναι δυνατό να υπολογιστεί η παρούσα αξία ενός επενδυτικού έργου σε οποιαδήποτε περίοδο. Η εκτίμηση της παρούσας αξίας από την περίοδο 0 είναι δυνατόν να γίνει στην περίοδο  $t$  πολλαπλασιάζοντας την παρούσα αξία με το συντελεστή προεξόφλησης  $(1+i)^{-t}$ . Αυτή η παρατήρηση είναι σπουδαία διότι δείχνει ότι η χρησιμοποίηση της Κ.Π.Α. προϋποθέτει ότι οι καθαρές ταμειακές ροές του επενδυτικού έργου μπορούν να είναι αποδόσιμες ή να επανεπενδυθούν με το επιλεγμένο επιτόκιο προεξόφλησης.

Με βάση αυτό το κριτήριο, μία επένδυση κρίνεται συμφέρουσα όταν η συνολική καθαρή παρούσα αξία της είναι μεγαλύτερη από το μηδέν και ανάμεσα σε δύο επενδύσεις επιλέγεται φυσικά αυτή που έχει την μεγαλύτερη ΚΠΑ.

Η μέθοδος της Κ.Π.Α. έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- α) Λαμβάνει υπόψη την διαχρονική αξία του χρήματος.
- β) Το παρόν θεωρείται σαν χρόνος αναφοράς και υπολογισμού της παρούσας αξίας.
- γ) Υποθέτει την επανεπένδυση του αρχικού κεφαλαίου.

<sup>4</sup> Στα Αιολικά πάρκου στο τέλος της οικονομικής ζωής της επένδυσης η υπολειμματική της αξία (Y.A.) θα είναι ίση με την αξία του οικοπέδου, σε περίπτωση αγοράς του.

δ) Η απόφαση που λαμβάνεται δεν επηρεάζεται από το ποσό της επένδυσης ή τη διάρκεια του χρόνου.

Ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει την Κ.Π.Α. μιας επένδυσης είναι το επιτόκιο προεξόφλησης.

Συνηθισμένο επιτόκιο προεξόφλησης είναι η απόδοση των ομολόγων του δημοσίου ~10%.

Εσωτερικός Ρυθμός(Βαθμός) Απόδοσης (IRR.)

Ο εσωτερικός ρυθμός απόδοσης μίας επένδυσης είναι το επιτόκιο εκείνο που εξισώνει την παρούσα αξία των αναμενόμενων καθαρών ταμειακών εισροών από την επένδυση με το επενδεδυμένο κεφάλαιο. Αν δηλαδή

$$\frac{T_1}{(1+i_o)^1} + \frac{T_2}{(1+i_o)^2} + \dots + \frac{T_N}{(1+i_o)^N} = I_0 \quad \text{Σχέση D}$$

Η σημασία του εσωτερικού ρυθμού απόδοσης, όταν πρόκειται να ληφθεί μια απόφαση επένδυσης είναι απλή:

α)Όταν ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης  $i_o$  είναι μεγαλύτερος από το επιλεγμένο επιτόκιο προεξόφλησης  $i$  του επενδυτή ( $i_o > i$ ), η Κ.Π.Α. του επενδυτικού έργου είναι θετική και το έργο είναι αποδεκτό.

β)Όταν αντίθετα ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης  $i_o$  είναι μικρότερος από το επιλεγμένο επιτόκιο προεξόφλησης  $i$  του επενδυτή ( $i_o < i$ ), η Κ.Π.Α. του επενδυτικού έργου είναι αρνητική και το έργο απορρίπτεται..

#### ◆ Χρόνος αποπληρωμής (X.A.)

Η έννοια του χρόνου αποπληρωμής είναι ανάλογη με την έννοια του νεκρού σημείου. Ενώ το νεκρό σημείο ορίζεται ως το σημείο της χρήσης πέρα από το οποίο η επιχείρηση πραγματοποιεί κέρδη, ο χρόνος αποπληρωμής ορίζεται σαν ο αναγκαίος χρόνος κατά τον οποίον το άθροισμα των ταμειακών ροών ενός επενδυτικού έργου ισούται με την αρχική δαπάνη.

Το κριτήριο X.A. δεν είναι κριτήριο αποδοτικότητας, αλλά είναι ένα κριτήριο ρευστότητας. Η μέθοδος υπολογισμού του αγνοεί τον παράγοντα χρόνο.

### I.3.v Ανάλυση ευαισθησίας

Πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι οι μεταβολές των παραμέτρων που χαρακτηρίζουν την επένδυση επηρεάζουν σημαντικά την οικονομικότητα της επένδυσης, για το λόγο αυτό, λύσεις υπολογίζονται πίνακες και διαγράμματα ανάλυσης ευαισθησίας.

Ένα διάγραμμα ανάλυσης ευαισθησίας παρουσιάζει πόσο μεταβάλλεται η οικονομικότητα της επένδυσης (οι οικονομικοί δείκτες) με τη μεταβολή μιας παραμέτρου.

Στα διαγράμματα των αιολικών πάρκων στον κάθετο άξονα απεικονίζεται η Κ.Π.Α, ο χρόνος αποπληρωμής και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης και στον οριζόντιο η μεταβολή των 5 κυριότερων παραμέτρων :

Ταχύτητα του ανέμου (Παράμετρος C της κατανομής Weibull)

Διάρκεια ζωής του έργου

Διαθεσιμότητα Εξοπλισμού

Αρχικό κόστος επένδυσης.

Επιτόκιο Αναγωγής

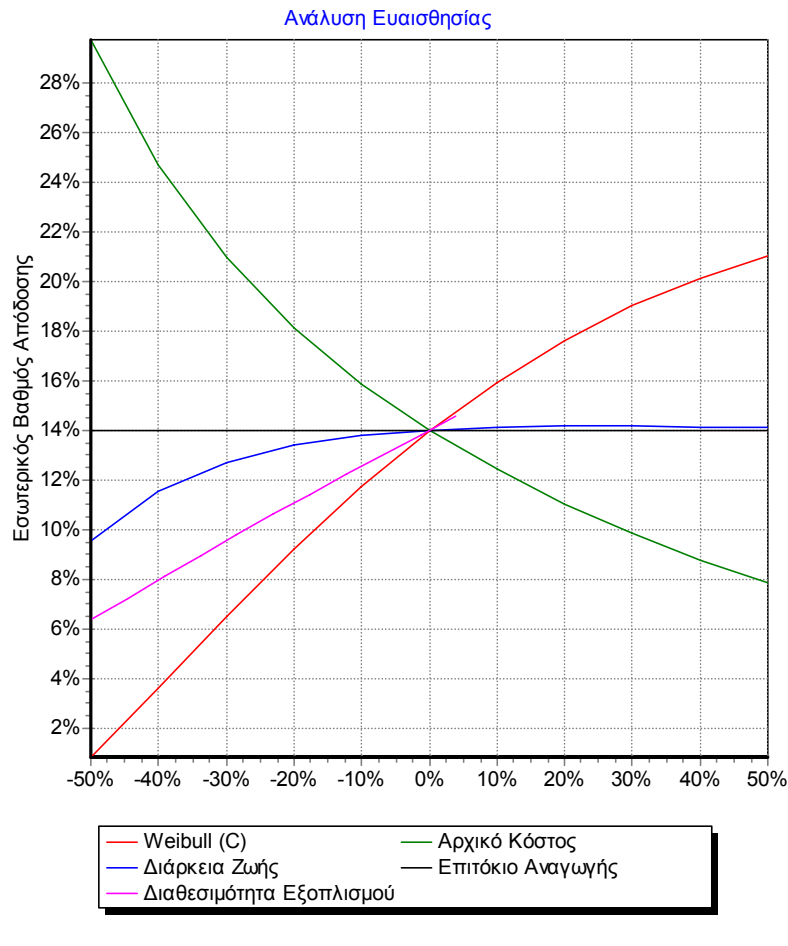
Το σημείο τομής όλων των καμπυλών απεικονίζει της αρχικές τιμές των παραμέτρων

Από τη μορφή των διαγραμμάτων αυτών μπορούν να εξαχθούν τα παρακάτω συμπεράσματα :

Πόσο αντέχει το σύστημα στην μεταβολή μιας παραμέτρου

Ποιες είναι οι σημαντικότερες για την οικονομικότητα της επένδυσης παράμετροι

Καθορίζονται τα όρια ανοχής σε μεταβολή μιας παραμέτρου



Εικόνα I.3-11. Μορφή Διαγράμματος Ανάλυσης Ευαισθησίας.