ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Σχολή Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΡΙΣΚΟΥ ΣΕ ΕΡΓΑ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΠΕ

Εκπόνηση εργασίας: ΜΗΛΙΩΝΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ – ΓΕΩΡΓΙΟΣ (Α.Μ. : 2007030068)

Επιβλέπων Καθηγητής: ΣΤΑΥΡΑΚΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Εξεταστική Επιτροπη: ΣΤΑΥΡΑΚΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΖΟΠΟΥΝΙΔΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΚΑΛΑΪΤΖΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Χανιά

Οκτώβριος, 2014

Πρόλογος

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή της Σχολής Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ του Πολυτεχνείου Κρήτης, κύριο Γεώργιο Σταυρακάκη και τον καθηγητή της Σχολής Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, κύριο Κωνσταντίνο Ζοπουνίδη για την εμπιστοσύνη που έδειξαν στο πρόσωπό μου, καθώς και για την δυνατότητα που μου πρόσφεραν να παρουσιάσω ένα τόσο ενδιαφέρον αντικείμενο.

Επίσης, είμαι ιδιάιτερα ευγνώμων στους καθηγητές Φώτιο Καννέλο και Ιωάννη Κατσίγιαννη, για την άμεση και αμέριστη βοήθεια τους κατά την διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας πτυχιακής μου εργασίας.

Με την εκπόνηση της παρούσας εργασίας ολοκληρώνονται οι σπουδές μου στη Σχολή Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ του Πολυτεχνείου Κρήτης και θα επιθυμούσα να ευχαριστήσω όλους του καθηγητές της Σχολής τους οποίους γνώρισα και συνεργάστηκα μαζί τους στα πλαίσια των σπουδών μου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς και τον αδερφό μου για την ηθική τους υποστήριξη όλα αυτά τα χρόνια.

Με εκτίμηση
ΜΗΛΙΩΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ – ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....10

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....11

1.1 Εισαγωγή.....11

1.2 Τα πλεονεκτήματα των ΑΠΕ.....11

1.3 Τα μειονεκτήματα των ΑΠΕ.....12

1.4 Η κατάσταση στην Ευρώπη.....12

1.5 Η κατάσταση στην Ελλάδα.....12

1.6 Γενικό πλαίσιο πολιτικής – Στόχοι Χώρας.....13

1.7 Σκοπός της εργασίας.....14

1.8 Δομή εργασίας.....15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Αιολική Ενέργεια.....16

2.1 Γενικά.....16

2.2 Άνεμος.....16

2.2.1 Αιολικό δυναμικό.....16

2.2.2 Ταχύτητα του ανέμου.....18

2.2.3 Κατεύθυνση ανέμου.....18

2.2.4 Στροβιλισμός ανέμου.....19

2.2.5 Επικρατούσα ανατάραξη ανέμου.....19

2.2.6 Υπολογισμός διανομής της ταχύτητας του ανέμου.....19

2.2.7 Κατανομή του ανέμου.....20

2.3 Αιολικά συστήματα στην Ελλάδα.....21

2.3.1 Τύποι ανεμογεννητριών.....21

2.3.2 Συντελεστής ισχύος ανεμογεννήτριας.....25

2.3.3 Καμπλύλη ισχύος ανεμογεννήτριας.....26

2.4 Αιολικά συατήματα στην Ελλάδα.....26

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ηλιακή Ενέργεια.....28

3.1 Η Ηλιακή Ακτινοβολία.....28

3.1.1 Ο Ήλιος.....28

3.1.2 Ημερήσια ενεργειακή απολαβή από τον ήλιο.....28

3.1.3 Ηλιοφάνεια.....29

3.1.4 Ο Αληθής Ηλιακός Χρόνος και η Εξίσωση του Χρόνου.....29

3.1.5 Προσδιορισμός του αληθούς νότου με βάση τον τοπικό ωρολογιακό χρόνο.....30
3.2 Βασικά τμήματα φωτοβολταϊκών διατάξεων.....31
3.2.1 Φωτοβολταϊκά Πλαίσια (Συλλέκτες).....31
3.2.2 Υλικά πού χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών στοιχείων....32
3.2.3 Χαρακτηριστική Καμπύλη I-V και P-V του φωτοβολταϊκού στοιχείου.....34
3.2.4 Τρόποι Σύνδεσης ΦΒ Συλλεκτών.....35
3.2.5 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Αξιοποίησης Φωτοβολταϊκών για Παραγωγή.....36
3.3 Τρόποι Στήριξης Φωτοβολταϊκών Συλλεκτών (Βάσεις), Βέλτιστη Τοποθέτηση τους για Βέλτιστο Προσανατολισμό Συλλέκτη και Βέλτιστη Χωροθέτηση.....37
3.3.1 Στοιχεία Προσδιορισμού του Προσανατολισμού ενός Συλλέκτη.....38
3.3.2 Προσανατολισμός Συλλέκτη ως προς τον Αληθή Νότο.....39
3.3.3 Απόσταση μεταξύ διαδοχικών συστοιχιών φωτοβολταϊκού συγκροτήματος.....39
3.3.3.1 Οριζόντιο Επίπεδο.....39
3.3.3.2 Κεκλιμένο έδαφος.....42
3.3.4 Τρόποι Στήριξης Ηλιακών Συλλεκτών (Βάσεις).....42
3.3.4.1 Στήριξη του συλλέκτη με σταθερή γωνία κλίσης. Γωνία κλίσης για βέλτιστη ενεργειακή απολαβή συλλέκτη.....43
3.3.4.2 Στήριξη με δυνατότητα εποχικής ρύθμισης της κλίσης του συλλέκτη.....44
3.3.4.3 Στήριξη με δυνατότητα στροφής του συλλέκτη γύρω από ένα άξονα.....44
3.3.4.4 Στήριξη με δυνατότητα στροφής του συλλέκτη γύρω από δύο άξονες.....45
3.4 Αντιστροφέας (Inverter).....45
3.4.1 Γενικά Στοιχεία.....45
3.4.2 Κατηγορίες Αντιστροφέων.....46
3.4.3 Βασικά στοιχεία αντιστροφέων.....47
3.4.4 Λόγος ισχύος αντιστροφέα – ΦΒ πάρκου (ΛΙ).....48
3.4.5 Βαθμός απόδοσης αντιστροφέα.....49
3.4.6 Έλεγχος της Φ/Β γεννήτριας για βραχυκύκλωμα γείωσης.....49

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Συστήματα Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας.....51
4.1 Η έννοια της συμπαραγωγής.....51
4.2 Τρόποι λειτουργίας των συστημάτων συμπαραγωγής.....52
4.3 Σύγχρονες τεχνικές συμπαραγωγής.....53
4.3.1 Συστήματα ατμοστροβίλων.....54
4.3.2 Συστήματα αεριοστρόβιλων.....55
4.3.3 Συστήματα με παλινδρομική μηχανή εσωτερικής καύσης.....57
4.3.4 Συστήματα συνδυασμένου κύκλου.....57
4.3.5 Κύκλοι βάσης Rankine με οργανικά ρευστα.....58
4.3.6 Κυψέλες καυσίμου.....58

4.3.7 Μηχανές Stirling.....59
4.4 Πλεονεκτήματα και επιπτώσεις της συμπαραγωγής.....59
4.5 Τριπαραγωγή (trigeneration).....61

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Νομοθετικό πλαίσιο για έργα ΑΠΕ.....66

5.1 Νομοθεσία.....66
5.2 Τιμολόγηση Ενέργειας απο ΑΠΕ.....68
5.3 Περιβαλλοντική αδειοδότηση των εγκαταστάσεων.....70
5.4 Πώληση ηλεκτρικής ενέργειας.....71
5.5 Απαιτούμενα έγγραφα.....71
5.6 Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανώσιμες Πήγες Ενέργειας (ΦΕΚ 2464Β/3.12.08).....77
5.7 New Deal – Επενδύσεις.....78

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Παράγοντες ρίσκου για έργα ΑΠΕ.....80

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Παρουσίαση βημάτων του λογισμικού RETScreen.....85

7.1 Εισαγωγή στο πρόγραμμα.....85
7.2 Γενική παρουσίαση του RETSCREEN.....85
7.2.1 Εκίνηση 86
7.2.2 Ενεργειακό μοντέλο.....88
7.2.3 Ανάλυση κόστους.....93
7.2.4 Ανάλυση εκπομπών.....95
7.2.5 Οικονομική Ανάλυση.....97

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8:

Σχεδιασμός Αιολικού πάρκου 20 MW στη Μαλάξα Χανίων – Εφαρμογή διαφορετικών οικονομικών σεναρίων.....101

8.1 Εκκίνηση.....101
8.2 Ενεργειακό μοντέλο.....102
8.2.1 Σύγκριση δύο διαφορετικών μοντέλων ανεμογεννητριών.....103
8.3 Ανάλυση κόστους.....105
8.4 Ανάλυση εκπομπών.....108
8.5 Οικονομική Ανάλυση.....109
8.5.1 Εύρεση επικρατούς σεναρίου - 109
(Επιτόκιο αναγωγής 8% - Δάνειο 50% - Χωρίς Επιδότηση)
8.5.2 Σενάριο χωρίς τραπεζικό δάνειο και χωρίς επιδότηση.....111
8.5.3 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 30% του συνολικού κόστους -.....114
χωρίς επιδότηση

8.5.4 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 50% του συνολικού κόστους -.....117
χωρίς επιδότηση
8.5.5 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 70% του συνολικού κόστους -.....120
χωρίς επιδότηση
8.5.6 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 50% του συνολικού κόστους -.....123
επιδότηση (25%)
8.6 Συμπεράσματα – Συγκεντρωτικός πίνακας.....126

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9:

Σχεδιασμός φωτοβολταϊκών πάρκων 80KW και 5 MW στη Μαλάξα Χανίων – Εφαρμογή διαφορετικών οικονομικών σεναρίων.....128

9.Α Φωτοβολταικό πάρκο 80 KW 128

9.1 Εκκίνηση.....128
9.2 Ενεργειακό μοντέλο.....130
9.3 Ανάλυση κόστους.....131
9.4 Ανάλυση εκπομπών.....135
9.5 Οικονομική Ανάλυση.....135
9.5.1 Εύρεση επικρατούς σεναρίου - 136
(Επιτόκιο αναγωγής 8% - 65% Δάνειο - Χωρίς Επιδότηση)
9.5.2 Σενάριο χωρίς τραπεζικό δάνειο και χωρίς επιδότηση.....140
9.5.3 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 30% του συνολικού κόστους -.....147
χωρίς επιδότηση
9.5.4 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 50% του συνολικού κόστους -.....153
χωρίς επιδότηση
9.5.5 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 70% του συνολικού κόστους -..... ...159
χωρίς επιδότηση
9.6 Συμπεράσματα – Συγκεντρωτικός πίνακας.....165

9.Β Φωτοβολταικό πάρκο 5 MW.....166

9.1 Εκκίνηση.....166
9.2 Ενεργειακό μοντέλο.....168
9.3 Ανάλυση κόστους.....170
9.4 Ανάλυση εκπομπών..... 174

9.5 Οικονομική Ανάλυση..... 175

9.5.1 Εύρεση επικρατούς σεναρίου - 175
(Επιτόκιο αναγωγής 8% - 65% Δάνειο - Χωρίς Επιδότηση)

9.5.2 Σενάριο χωρίς τραπεζικό δάνειο και χωρίς επιδότηση.....179

9.5.3 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 30% του συνολικού κόστους -.....185
χωρίς επιδότηση

9.5.4 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 50% του συνολικού κόστους -.....191
χωρίς επιδότηση

9.5.5 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 70% του συνολικού κόστους -.....197
χωρίς επιδότηση

9.6 Συμπεράσματα – Συγκεντρωτικός πίνακας..... 203

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10:

Τεχνοοικονομική ανάλυση σε έργο συμπαραγωγής θερμότητας – ηλεκτρισμού με βιομάζα.....204

10.1 Εκκίνηση.....204

10.2 Φορτίο και Δίκτυο.....206

10.3 Ενεργειακό μοντέλο.....210

10.4 Ανάλυση κόστους.....214

10.5 Ανάλυση εκπομπών.....217

10.6 Οικονομική Ανάλυση.....218

10.6.1 Εύρεση επικρατούς σεναρίου με διαφορετικές τιμές κάλυψης του ηλεκτρικού φορτίου - (Επιτόκιο αναγωγής 10% - Δάνειο 50% - Χωρίς Επιδότηση).....219

10.6.2 Σενάριο χωρίς τραπεζικό δάνειο και χωρίς επιδότηση.....220

10.6.3 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 30% του συνολικού κόστους -.....223
χωρίς επιδότηση

10.6.4 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 50% του συνολικού κόστους -.....226
χωρίς επιδότηση

10.6.5 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 70% του συνολικού κόστους -.....229
χωρίς επιδότηση

10.6.6 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 50% του συνολικού κόστους -.....232
επιδότηση (25%)

10.7 Συμπεράσματα – Συγκεντρωτικός πίνακας.....235

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11: Γενικά συμπεράσματα.....237

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....239
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....244

Copyright © Μηλιώνης Αλέξανδρος – Γεώργιος 2014
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική Εργασία έχει ως αντικείμενο την ολοκληρωμένη μελέτη τριών διαφορετικών οικονομοτεχνικών αναλύσεων με τη χρήση του προγράμματος RETScreen για ένα αιολικό πάρκο 20MW, δύο φωτοβολταϊκά πάρκα 80KWp & 5MW και μία εγκατάσταση συμπαραγωγής θερμότητας – ηλεκτρισμού σε ένα ξενοδοχείο.
Σε κάθε έργο πρίν την βασική οικονομική του ανάλυση, διενεργήθηκε εύρεση επικρατούς σεναρίου, ως προς διαφορετικά χαρακτηριστικά σε κάθε περίπτωση. Για το αιολικό πάρκο έγινε σύγκριση δύο διαφορετικών τύπων ανεμογεννητριών (Τύπος Α, Τύπος Β) με την ανεμογεννήτρια Τύπου Β να επιλέγεται λόγω της καμπύλης ισχύος και της περισσότερης ενέργειας η οποία παραδίδεται στο δίκτυο.
Για τα φωτοβολταϊκά πάρκα διαφοροποιήθηκε η βάση στήριξης των πλαισίων κάνοντας σύγκριση των τιμών Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ) μεταξύ σεναρίου που χρησιμοποιείται σταθερή βάση και σεναρίου με διαξονική βάση. Η διαξονική βάση οδήγησε σε θετικότερα αποτελέσματα.
Για το έργο συμπαραγωγής θερμότητας – ηλεκτρισμού στην ξενοδοχειακή μονάδα μεταβλήθηκε η τιμή του ποσοστού κάλυψης της Ηλεκτρικής Ισχύος αυξάνοντάς το κατά 5% κάθε φορά. Ελέγχοντας και πάλι τις τιμές ΚΠΑ, επιλέγεται το ποσοστό 70%.
Απώτερος σκοπός είναι να παρατηρηθούν οι αλλαγές στη βιωσιμότητα κάθε έργου όταν μεταβάλλονται βασικοί οικονομικοί παράμετροι, όπως το επιτόκιο αναγωγής και το ποσοστό χρηματοδότησης. Και στις τρείς εφαρμογές διενεργήθηκαν τέσσερα ή πέντε διαφορετικά οικονομικά σενάρια και υπήρξαν τα ανάλογα αποτελέσματα, στην πλειοψηφία τους βιώσιμα.

ABSTRACT

This thesis is intended to complete feasibility study of three different analyzes using the RETScreen program for a wind farm 20MW, two photovoltaic 80KWp & 5MW and a plant CHP - electricity in a hotel.
In each project before the basic economic analysis, conducted Find dominant scenario for different characteristics in each case. For the wind farm was comparing two different types of wind turbines (Type A, Type B) with turbine type B is selected because of the power curve and more energy delivered to the grid.
For photovoltaic changed the mounting frame by comparing prices between FMC scenario is used basis and biaxial base scenario. The biaxial base led to more positive results.
For his work in CHP - electricity in the hotel unit changed the value of the percentage coverage of Electric Power increasing it by 5% each time. Checking prices again CAF selects the rate of 70%.
The ultimate aim is to observe the changes in the sustainability of each project when changing key economic parameters such as discount rate and the rate of funding. In all three applications out four or five different economic scenarios and the like were found, most of them viable.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

Εισαγωγή στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

1.1 Εισαγωγή

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) είναι πηγές, τα αποθέματα των οποίων ανανεώνονται φυσικά, και οι οποίες συνεπώς θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Στην κατηγορία αυτή, η σημασία της οποίας για τη βιωσιμότητα του πλανήτη έχει πλέον συνειδητοποιηθεί ευρέως, συγκαταλέγονται ο ήλιος, ο άνεμος, τα ποτάμια, οι οργανικές ύλες όπως το ξύλο και τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης. Πρόκειται για τις πρώτες μορφές ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος. Στις αρχές του 20ου αιώνα, με καταλυτική εξέλιξη την ανακάλυψη των μεγάλων κοιτασμάτων πετρελαίου, ο κόσμος στράφηκε αποφασιστικά στη χρήση μη ανανεώσιμων πηγών, κυρίως άνθρακα και υδρογονανθράκων. Δύο ήταν οι κρίσιμοι παράγοντες στην αναβίωση του ενδιαφέροντος για τις ΑΠΕ, ξεκινώντας από τα μέσα της δεκαετίας του 1970.

Ο πρώτος ήταν το ζήτημα της ενεργειακής ασφάλειας: οι δύο πετρελαϊκές κρίσεις, του 1973 και του 1979-80, οδήγησαν τις βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες να αναθεωρήσουν την απόλυτη εξάρτηση τους από τα ορυκτά καύσιμα, και ιδιαίτερα το πετρέλαιο. Οι χώρες-προμηθευτές -κατά κύριο λόγο τα κράτη της Αραβικής Χερσονήσου και του Περσικού Κόλπου- δεν ήταν ποτέ απολύτως αξιόπιστοι σύμμαχοι της Δύσης. Η τελευταία τριακονταετία στην περιοχή, με την άνοδο του ισλαμικού φονταμενταλισμού που είναι από τα κύρια χαρακτηριστικά της, έχει εντείνει περαιτέρω την ενεργειακή ανασφάλεια των ανεπτυγμένων χωρών σχετικά με τις μη ανανεώσιμες πηγές. Το δεύτερο στοιχείο που οδήγησε στην ολική επαναφορά των ΑΠΕ είναι, φυσικά, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, έχει αναχθεί σε κορυφαία προτεραιότητα της διεθνούς κοινότητας. Ο ενεργειακός τομέας είναι ο κύριος υπεύθυνος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, καθώς σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που οδηγεί στην υπερθέρμανση του πλανήτη οφείλεται στην παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων.

1.2 Τα πλεονεκτήματα των ΑΠΕ

Τα βασικά πλεονεκτήματα της χρήσης ΑΠΕ προσδιορίζονται κυρίως σε θέματα που έχουν άμεση επίδραση στο περιβάλλον.

Συγκεκριμένα η χρήση ΑΠΕ συμβάλει στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς, μη ανανεώσιμους ενεργειακούς πόρους.

Οδηγούν στην άμβλυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου, καθώς συνεισφέρουν στον περιορισμό της εκπομπής των 6 αερίων του θερμοκηπίου (CO2, CH4, N2O, HFCs, PFCs, SF6) στην ατμόσφαιρα.

Συνεισφέρουνακόμη στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.

Οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, εξαιτίας της γεωγραφικής τους διασποράς, με αποτέλεσμα τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο και τη συνεπακόλουθη ανακούφιση των συστημάτων υποδομής και τον περιορισμό των απωλειών από τη μεταφορά ενέργειας.

Δίνουν τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων, με διαφορετικές λύσεις για

διαφορετικές ενεργειακές ανάγκες (για παράδειγμα χρήση ηλιακής ενέργειας για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, χρήση αιολικής ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή κ.ά.).

Στα θετικά συμπεριλαμβάνεται και το χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
Τέλος η συνεισφορά στην αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών με τη δημιουργία θέσεων εργασίας και την προσέλκυση ανάλογων επενδύσεων (π.χ. καλλιέργειες θερμοκηπίου με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας), ολοκληρώνει μια σειρά από αξιόλογα πλεονεκτήματα χρήσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

1.3 Τα μειονεκτήματα των ΑΠΕ

Όσον αφορά τις αρνητικές επιπτώσεις που μπορει να επιφέρουν οι ΑΠΕ, αυτές έγκεινται στην πιθανή δυσκολία εύρεσης κατάλληλων τοποθεσιών για τις ΑΠΕ (πχ. περιοχές με αρκετή ηλιοφάνεια - περιοχές με υψηλό ποσό μέσης ταχύτητας), την δέσμευση καλλιεργήσιμης γης, την οπτική ρύπανση, φαινόμενα ηχορύπανσης και θάνατος πουλιών όπως συμβαίνει στην περίπτωση των ανεμογεννητριών.

Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια της γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.

Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους, αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.

Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.

Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω από το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

1.4 Η κατάσταση στην Ευρώπη

Σύμφωνα με την Eurostat το ποσοστό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας στους «27» για το 2010 ήταν στο 12.4%, μεγαλύτερο συγκριτικά με το 11.7% ένα χρόνο πριν και το 10.5% το 2008.

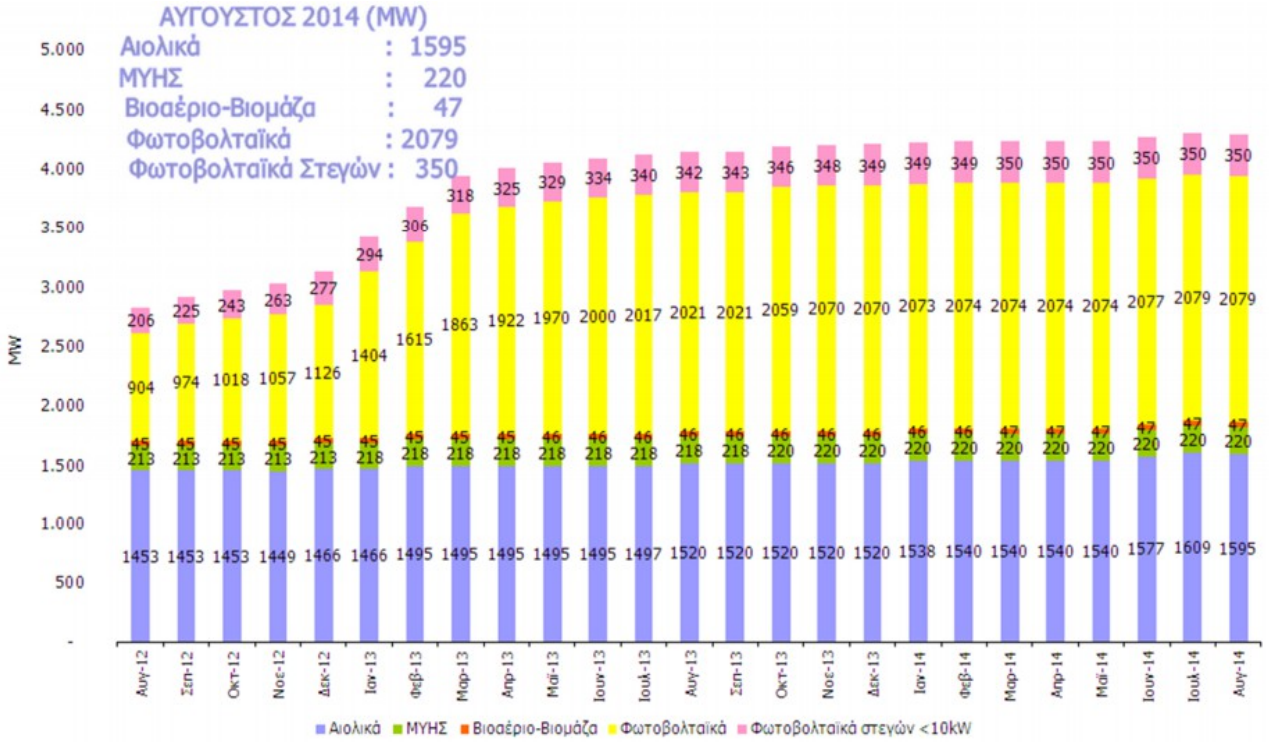
Σύμφωνα με την Οδηγία του 2009, η ΕΕ έχει δεσμευθεί να επιτύχει 20% μερίδιο συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας και 10% μερίδιο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις μεταφορές.

Τα υψηλότερα ποσοστά ανανεώσιμων πηγών στην τελική κατανάλωση σημειώθηκαν στην Σουηδία (47.9%), Λετονία (32.6%), Φινλανδία(32.2%), Αυστρία (30.1%) και Πορτογαλία (24.6%), ενώ τα χαμηλότερα στη Μάλτα (0.4%), Λουξεμβούργο (2.8%), Ηνωμένο Βασίλειο (3.2%) και Ολλανδία (3.8%).

1.5 Η κατάσταση στην Ελλάδα

Την ίδια ώρα, η Ελλάδα πλησιάζει τις τελευταίες θέσεις στην Ευρώπη, σε ό,τι αφορά το ποσοστό της ενέργειας από ΑΠΕ στη συνολική κατανάλωση. Πιο συγκεκριμένα, η Ελλάδα το διάστημα 2006-2010 αύξησε την συμμετοχή των ΑΠΕ στην συνολική κατανάλωση ενέργειας από 7% σε 9,2%, ενώ γειτονικές χώρες, όπως για παράδειγμα η Ιταλία και η Κύπρος, σχεδόν το διπλασίασαν.

Στην Ελλάδα, στην οποία τον Μάρτιο του 2012 η Κομισιόν απηύθυνε αιτιολογημένη γνώμη επειδή η νομοθεσία της για τις ανανεώσιμες πηγές δεν ήταν συμβατή με την κοινοτική, το ποσοστό ανανεώσιμων πηγών στην τελική ενεργειακή κατανάλωση ήταν 9.2% ενώ στόχος για τη χώρα δεδομένων των οικονομικών της αποδόσεων, είναι 18% για το 2020.
Σημειώνεται ότι το 2008 το αντίστοιχο ποσοστό ήταν 8.0% και το 2009 8.1%. Χαμηλό είναι και το ποσοστό στην Κύπρο (4.8%) ενώ μέχρι το 2020 πρέπει να έχει φθάσει στο 13%.



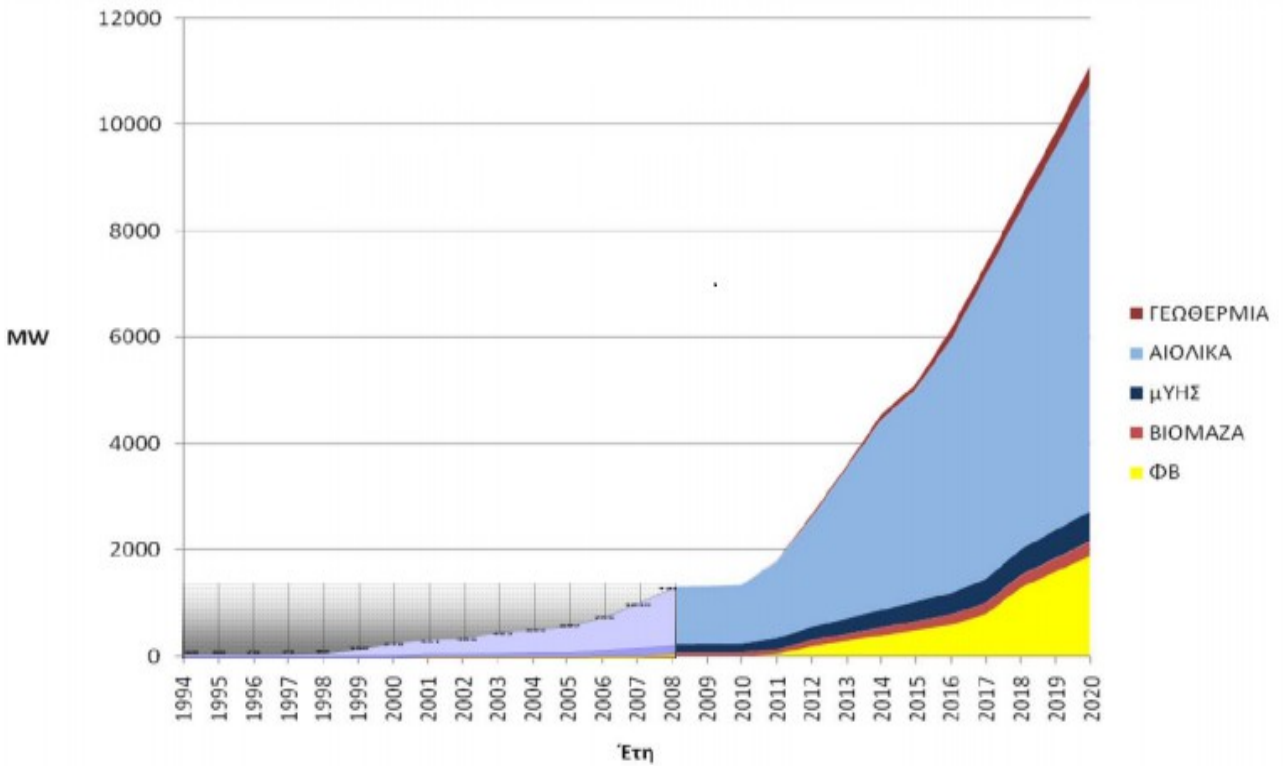
Διάγραμμα 1-2: Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργεια στην Ελλάδα

1.6 Γενικό πλαίσιο πολιτικής - Στόχοι χώρας

Η ΕΕ καταβάλλει προσπάθειες για να μειώσει τις επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών και να αναπτύξει μια κοινή ενεργειακή πολιτική. Ως μέρος αυτής της πολιτικής, οι Ευρωπαίοι αρχηγοί κρατών και κυβερνήσεων συμφώνησαν το Μάρτιο του 2007 σε δεσμευτικούς στόχους για την αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στόχος είναι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να αντιστοιχούν στο 20% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας της ΕΕ έως το 2020 (8,5% το 2005). Για να επιτευχθεί αυτός ο κοινός στόχος, κάθε κράτος μέλος πρέπει να αυξήσει την παραγωγή και χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον ηλεκτρισμό, τη θέρμανση, την ψύξη και τις μεταφορές. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι αναπόσπαστο μέρος της καταπολέμησης των κλιματικών αλλαγών, ενώ συγχρόνως συμβάλλουν στην ανάπτυξη και στη δημιουργία θέσεων εργασίας, και αυξάνουν την ενεργειακή μας ασφάλεια.

Οι στόχοι για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας υπολογίζονται ως το μερίδιο της κατανάλωσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην τελική ακαθάριστη κατανάλωση ενέργειας. Η κατανάλωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας περιλαμβάνει την άμεση χρήση τους (π.χ. βιοκαύσιμα) συν το μέρος του ηλεκτρισμού και της θέρμανσης που παράγεται από αυτές (π.χ. αιολική, υδροηλεκτρική ενέργεια), ενώ η τελική κατανάλωση ενέργειας είναι η ενέργεια που χρησιμοποιούν τα νοικοκυριά και οι τομείς της βιομηχανίας, των υπηρεσιών, ης γεωργίας και των μεταφορών. Ο παρονομαστής για το μερίδιο των ΑΠΕ περιλαμβάνει επίσης τις απώλειες διανομής για τον ηλεκτρισμό και τη θέρμανση, καθώς και την κατανάλωση αυτών των

καυσίμων τη διαδικασία παραγωγής ηλεκτρισμού και θέρμανσης.



Διάγραμμα 1-4: Εθνικός στόχος ΑΠΕ μέχρι το 2020

1.7 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της εργασίας είναι μέσω τριών διαφορετικών οικονομοτεχνικών αναλύσεων για ένα αιολικό πάρκο, ένα φωτοβολταϊκό πάρκο και μία εγκατάσταση συμπαραγωγής θερμότητας – ηλεκτρισμού σε ένα ξενοδοχείο, να παρατηρηθούν οι αλλαγές στη βιωσιμότητα κάθε έργου όταν μεταβάλλονται βασικοί οικονομικοί παράμετροι, όπως το επιτόκιο αναγωγής και το ποσοστό χρηματοδότησης.

Η επιλογή της περιοχής ήταν η Μαλάξα Χανίων και το πρόγραμμα RETScreen χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή των οικονομοτεχνικών αποτελεσμάτων.

Σε κάθε έργο πρίν την βασική οικονομική του ανάλυση, διενεργήθηκε έύρεση επικρατούς σεναρίου, ως προς διαφορετικά χαρακτηριστικά σε κάθε περίπτωση.

Συγκεκριμένα, για το αιολικό πάρκο μεταξύ δύο διαφορετικών ανεμογεννητριών επιλέχθηκε ο Τύπος Β (κυρίως λόγω της καμπύλης ισχύος και της ενέργειας η οποία παραδίδεται στο δίκτυο) και μετά απο μια σειρά αλλαγών στο επιτόκιο αναγωγής, στο ποσοστό τραπεζικής χρηματοδότησης και στο ποσοστό επιδότησης, βγήκε το συμπέρασμα ότι μόνο με επιτόκιο αναγωγής που υποδεικνύει υψηλού ρίσκου επένδυση σε συνδιασμό με μειωμένη χρηματοδότηση έχουμε μη βιώσιμα αποτελέσματα.

Όσον αφορά το φωτοβολταϊκό πάρκο, η εύρεση επικρατούς σεναρίου είχε να κάνει με το εαν θα χρησιμοποιηθεί σταθερή βάση για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ή διαξονική. Η μεγαλύτερη ΚΠΑ που προέκυψε χρησιμοποιώντας διαξονική βάση στήριξης κατα το σενάριο εύρεσης επικρατούς σεναρίου και για τα δύο πάρκα (80KW , 5MW), οδήγησε και στην επιλογή αυτού του τύπου βάσης για να χρησιμοποιηθεί στα υπολοιπα σενάρια. Συμπερασματικά και οι δύο επενδύσεις είναι πιο παραγωγικές για επιτόκια αναγωγής που υποδεικνύουν χαμηλό ρίσκο επένδυσης, και δεν σημείωσαν μη βιώσιμους δείκτες.

Τέλος, για τη συμπαραγωγή θερμότητας – ηλεκτρισμού για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μιας

ξενοδοχειακής μονάδας επιχειρήθηκε να βρεθεί το επικρατές σενάριο συγκρίνοντας τις τιμές της *Καθαρής Παρούσας Αξίας* για διαφορετικές περιπτώσεις εξυπηρέτησης του φορτίου του ξενοδοχείου, με την τιμή της Ηλεκτρικής Ισχύος, να αυξάνεται με βήμα 5 Kw., εφαρμόζοντας ένα μέσο σενάριο με 40% δάνειο, και 8% επιτόκιο αναγωγής. Καταλήγοντας στη κάλυψη κατά 70% του ηλεκτρικού φορτίου, ως πιο συμφέρουσα επιλογή, εφαρμόσθηκαν τα διαφορετικά σενάρια που όλα περιλαμβάνουν εγκατάσταση εμβολοφόρου μηχανής με καύσιμη ύλη το πετρέλαιο και επιπλέον λέβητα πετρελαίου ο οποίος καλύπτει την αυξημένη ζήτηση ορισμένων χρονικών περιόδων, ενώ η στρατηγική που ακολουθείται είναι καλύπτοντας το θερμικό φορτίο. Τα αποτελέσματα ποικίλουν ανάλογα με το επιτόκιο αναγωγής και το ποσοστό χρηματοδότησης

1.8 Δομή εργασίας

Στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται περιγραφή βασικών εννοιών του ανέμου και της αιολικής ενέργειας. Συγκεκριμένα, αναλύονται οι παράμεροι του ανέμου, τα αιολικά συστήματα καθώς και οι συνθήκες που υπάρχουν στη χώρα μας όσον αφορά την αιολική ενέργεια.

Στο τρίτο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται αναλυτική περιγραφή εννοιών της ηλιακής ακτινοβολίας, βασικών τμημάτων φωτοβολταϊκών διατάξεων, των τρόπων στήριξης των φωτοβολταϊκών συλλεκτών και περιγραφή του αντιστροφέα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται γενική περιγραφή της ένοιας της συμπαραγωγής, των τρόπων λειτουργίας των συστημάτων συμπαραγωγής, οι σύγχρονες τεχνικές που υπάρχουν, τα πλεονεκτήματα και οι επιπτώσεις της.

Στο πέμπτο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται περιγραφή του νομοθετικού πλαισίου για έργα ΑΠΕ, συμπεραλαμβανομένης και της τιμολόγησης της ενέργειας, τα ισχύοντα για την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας, τα απαιτούμενα έγγραφα, το ειδικό πλαίσιο χωροταξικού σχεδιασμού και αειοφόρου ανάπτυξης και τέλος το νέο ψήφισμα της βουλής, το λεγόμενο New Deal.

Στο έκτο κεφάλαιο της εργασίας περιγράφονται όλοι οι οικονομικοί όροι που χρησιμοποιούνται στην εργασία και πώς αυτοί επηρεάζουν τη βιωσιμότητα ενός έργου.

Στο έβδομο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται αναλυτική παρουσίαση των βημάτων του λογισμικού RETScreen, τα οποία περιλαμβάνουν το φύλλο εκίνησης, το ενεργειακό μοντέλο, την ανάλυση κόστους, την ανάλυση εκπομπών και τέλος το φύλο της οικονομικής ανάλυσης.

Στο όγδοο κεφάλαιο πραγματοποιείται η πρώτη οικονομοτεχνική ανάλυση για το αιολικό πάρκο 20 MW στη Μαλάξα Χανίων και ακολουθούν ένας συγκεντρωτικός πίνακας όλων των σεναρίων και τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη μελέτη.

Στο έννατο κεφάλαιο ακολουθεί η οικονομοτεχνική ανάλυση για τα δύο φωτοβολταϊκά πάρκα 80KWp και 5MW με τον συγκεντρωτικό πίνακα όλων των σεναρίων και τα συμπεράσματα που απορέουν.

Στο δέκατο κεφάλαιο εφαρμόζεται η τελευταία ανάλυση για το έργο συμπαραγωγής θερμότητας – ηλεκτρισμού σε μια ξενοδοχειακή μονάδα, με χρήση εμβολοφόρου μηχανής.

Στο τελευταίο κεφάλαιο περιλαμβάνονται γενικά συμπεράσματα και για τις τρεις εφαρμογές που μελετήθηκαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

Αιολική Ενέργεια

2.1 Γενικά

Η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία καθώς η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης έχει σαν αποτέλεσμα μεγάλες μάζες αέρα να μετακινούνται από την μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους. Είναι μια ήπια μορφή ενέργειας, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον, η οποία προωθείται για την μείωση του ρυθμού εξάντλησης των αποθεμάτων συμβατικών καυσίμων καθώς και τον περιορισμό των εκπομπών που δημιουργούνται από συμβατικές πηγές ενέργειας. Η εκτεταμένη χρήση των τελευταίων προκαλεί την ένταση του φαινομένου του θερμοκηπίου και αυξάνει την ατμοσφαιρική ρύπανση. Αν υπήρχε η δυνατότητα πλήρης εκμετάλλευσης του συνολικού αιολικού δυναμικού της γης, εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ηλεκτρική ενέργεια θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες της ανθρωπότητας. Σύμφωνα με υπολογισμούς, στο 25% της συνολικής επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας άνω των 5, 1 m/sec σε ύψος 10 μέτρα από το έδαφος, κάτι που μας βοηθά να εξάγουμε το συμπέρασμα πως το ανώτερο ποσοστό αντιστοιχεί σε περιοχή εκμεταλλεύσιμου αιολικού δυναμικού και οι εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες. Αυτό, σε συνδυασμό με το ότι το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί σημαντικά, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η αιολική ενέργεια κατέχει μια δυναμική θέση έναντι των συμβατικών μορφών ενέργειας. Ειδικά στη χώρα μας, το αιολικό δυναμικό είναι εξαιρετικά πλούσιο και η αιολική ενέργεια μπορεί να γίνει σημαντικός μοχλός ανάπτυξης. Η συστηματική εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού της χώρας μας θα συμβάλλει στην αύξηση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με ταυτόχρονη εξοικονόμηση μεγάλου ποσοστού συμβατικών καυσίμων, με αποτέλεσμα συναλλαγματικά οφέλη, ενώ μεγάλη επίσης θα είναι η συμβολή στον περιορισμό της κλιματικής μεταβολής, αφού η χρήση ανεμογεννητριών συνεπάγεται αποτροπή εκπομπών CO2. Παράλληλα, η χρήση της αιολικής ενέργειας έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση των θέσεων εργασίας σε ένα αντικείμενο που μέχρι πριν μερικά χρόνια ήταν σχεδόν άγνωστο στην Ελλάδα.

2.2 Ανεμος

Η όποια αισθητή ≪οριζόντια κίνηση≫του αέρα ονομάζεται **άνεμος**. Οι μετακινήσεις του αέρα, ο άνεμος, προέρχονται αφ τις μεταβολές και τις διαφορετικές, από τόπο σε τόπο, τιμές της ατμοσφαιρικής πίεσης. Οι διαφορετικές αυτές τιμές της ίεσης οφείλονται στη διαφορετική θέρμανση (απορρόφηση ενέργειας) της ατμόσφαιρας κάθε τόπου από τον Ήλιο.
Η περιστροφή της γης, γύρω από τον άξονά της, η ανομοιογένεια του γήινου ανάγλυφου και η ηλιακή ενέργεια που προσλαμβάνει τόσο η ατμόσφαιρα όσο και η επιφάνεια της γης, είναι οι βασικοί παράγοντες που συμβάλουν έτσι ώστε ο ατμοσφαιρικός αέρας που περιβάλλει την γη να βρίσκεται διαρκώς σε κίνηση. Οι σπουδαιότερες όμως δυνάμεις που δημιουργούν και διαμορφώνουν τους ανέμους είναι η δύναμη βαροβαθμίδας η οποία οφείλεται στη διαφορά ίεσεων μεταξύ δυο περιοχών, η οριζόντια εκτρεπτική δύναμη (Coriolis) η οποία οφείλεται στην περιστροφή της γης, η κυκλοστροφική δύναμη (φυγόκεντρος) η οποία εμφανίζεται όταν ο άνεμος στρέφεται γύρω από ένα κέντρο και η δύναμη της τριβής, η οία αρατηρείται εντός του οριακού στρώματος και οφείλεται στην ανομοιογένεια του γήινου ανάγλυφου και στην τριβή των κινούμενων μορίων του αέρα με την επιφάνεια.

2.2.1 Αιολικό δυναμικό

Το αιολικό δυναμικό είναι μια από τις σημαντικότερες προυποθέσεις για την λειτουργία των ανεμογεννητριών. Υπάρχουν διάφορες θεωρίες για την δημιουργία των ανέμων, οι οποίες όμως διέπονται από μια βασική αρχή:όταν μια αέρια μάζα θερμανθεί, εκτονώνεται, γίνεται ελαφρύτερη και κινείται προς τα πάνω (αφού ο θερμός αέρας έχει μικρότερη πυκνότητα από τον ψυχρό). Τελικά η δημιουργία των ανέμων

είναι αποτέλεσμα ορισμένων διεργασιών που γίνονται στη φύση. Σύμφωνα με τη θεωρία της «κατακόρυφης μεταφοράς» ένα στρώμα αέρα που θα έρθει σε επαφή με τη γήινη επιφάνεια θα θερμανθεί και θα ανέλθει, ενώ τη θέση του θα καλύψει ένα ψυχρότερο στρώμα αέρα που και αυτό με τη σειρά του θα θερμανθεί και θα ανέλθει. Μια δεύτερη συνιστώσα αποτελεί η κίνηση της γης. Ο άνεμος θερμαίνεται γρηγορότερα στον ισημερινό με αποτέλεσμα να ανυψώνεται και να κινείται βόρεια και νότια. Τέλος υπάρχουν και οι άνεμοι που δημιουργούνται από τοπικούς παράγοντες (θάλασσα-ξηρά), (βουνά –κοιλάδες).
Επίσης σημαντικό ρόλο στη δημιουργία αλλά και την εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού διαδραματίζει και το οριακό ατμοσφαιρικό στρώμα. Συγκεκριμένα στο κατώτατο τμήμα της ατμόσφαιρας δημιουργείται ένα στρώμα αέρα, το ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα, μέσα στο οποίο η σχετική ταχύτητα μεταβάλλεται από μηδέν πάνω στην επιφάνεια της γης μέχρι μεγαλύτερες τιμές. Τα χαρακτηριστικά του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος εξαρτώνται από τις ιδιομορφίες της επιφάνειας της γης αλλά και από την κατάσταση της ατμόσφαιρας.

Για τον υπολογισμό της διανομής της ταχύτητας μέσα στο επιφανειακό στρώμα χρησιμοποιούνται οι παρακάτω σχέσεις:

- λογαριθμικός νόμος:

$$U(z) = \frac{U}{k}\ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \tag{2.1}$$

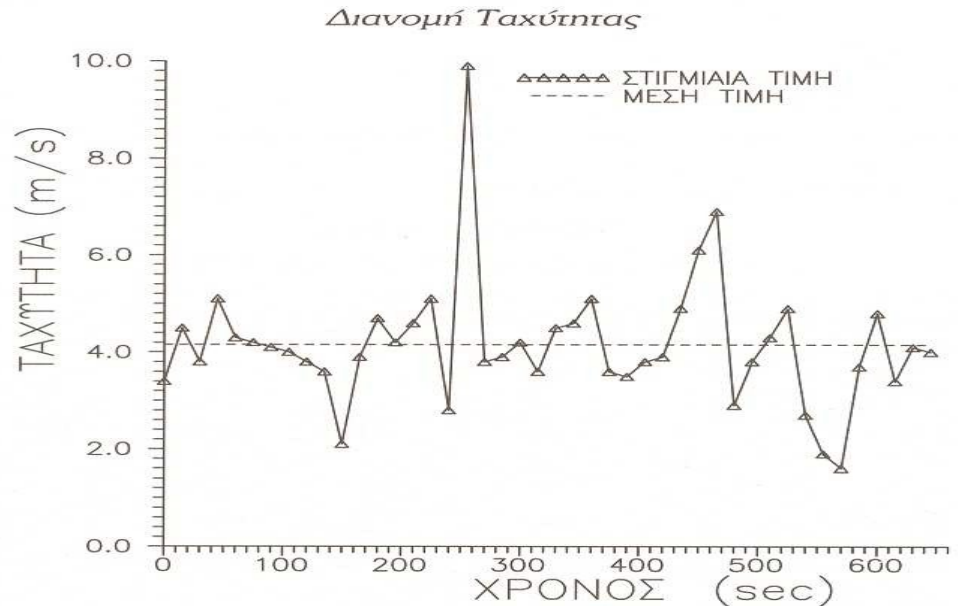
- εκθετικός νόμος:

$$U(z) = U(z_0)\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)^{a} \tag{2.2}$$

‘Οπου
·U(z) η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος z
·U η ταχύτητα τριβής
·“α” ο εκθέτης του εκθετικού νόμου
·k η σταθερά von Karman (k=0, 3)
·z η παράμετρος ταχύτητας

Ειδικότερα ο εκθέτης “α” αποτελεί μια πειραματική σταθερά και ουσιαστικά αντιπροσωπεύει μια ένδειξη της μορφολογίας της επιφάνειας του εδάφους.

2.2.2 Ταχύτητα του ανέμου



Διάγραμμα 2-1: Η μεταβλητότητα της ταχύτητα του ανέμου σε συνάρτηση με τον χρόνο.

Η ταχύτητα του ανέμου (V) είναι ένα ιδιαίτερα μεταβλητό μέγεθος (σχέση 2.3), το οποίο εμφανίζει διακυμάνσεις τόσο σε χρονικά διαστήματα εκατοστών του δευτερολέπτου όσο και σε διαστήματα ωρών. Οι διακυμάνσεις μπορούν να θεωρηθούν τυχαίες. Η μέση ταχύτητα του ανέμου σε μια χρονική περίοδο T δίνεται σαν:

$$\overline{V} = \frac{1}{T} \cdot \int_{t}^{t+T} V(t) \cdot dt \qquad (2.3)$$

ενώ η στιγμιαία ταχύτητα είναι το άθροισμα της μέσης ταχύτητας του ανέμου και της διακύμανσης του ανέμου:

$$V = \overline{V} \pm \sigma_V \qquad (2.4)$$

όπου η διακύμανση του ανέμου σV είναι ίση με::

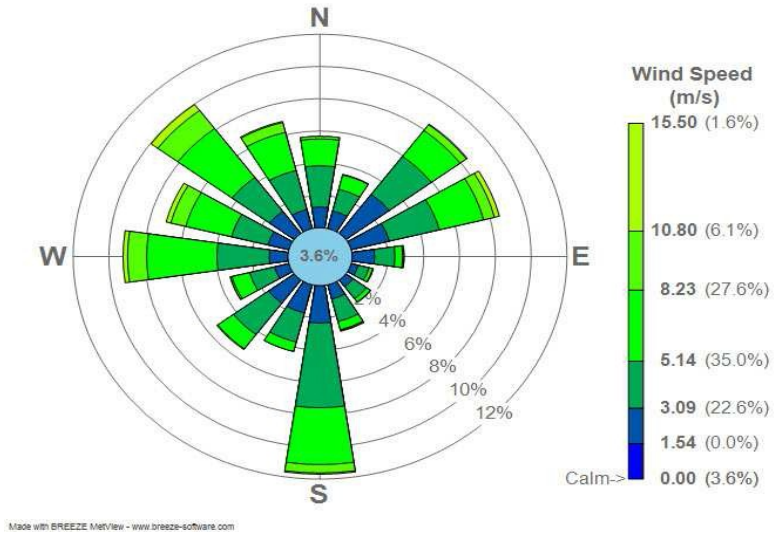
$$\sigma_V = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} \left(V_i - \overline{V}\right)^2 \qquad (2.5)$$

Η μέγιστη ταχύτητα του ανέμου καθορίζει την αντοχή μιας αιολικής μηχανής και εξαρτάται από την γεωγραφική θέση της περιοχής και τα χαρακτηριστικά του εδάφους.
Με δεδομένα ωριαίων τιμών της ταχύτητας του ανέμου, υπολογίζεται η μέγιστη ωριαία και στην συνέχεια η μέγιστη ημερήσια ταχύτητα του ανέμου.

2.2.3 Κατεύθυνση ανέμου

Η κατεύθυνση του ανέμου σε μια θέση δεν είναι σταθερή, αλλά μεταβάλλεται συνεχώς, καθορίζεται δε με βάση το σημείο του ορίζοντα από το οποίο πνέει ο άνεμος, σε σχέση με τη θέση μέτρησης (π.χ. ο άνεμος είναι δυτικός όταν κινείται από τη δύση). Μετράται σε μοίρες έχοντας ως αναφορά τον πραγματικό βορρά. Απεικονίζεται με το ροδόγραμμα (εικόνα 2.2) το οποίο είναι ένα αρκετά εποπτικό διάγραμμα που δίνει άμεσα την κατεύθυνση και την μέση ταχύτητα του ανέμου σε μια περιοχή καθώς επίσης την διάρκεια

πνοής του ανέμου από κάθε κατεύθυνση. Η μέση ταχύτητα του ανέμου υποδηλώνεται από το μήκος των ακτινικών γραμμών του ροδογράμματος ενώ η εκατοστιαία συχνότητα πνοής αναγράφεται πάνω σε κάθε ακτινική γραμμή με την τιμή της νηνεμίας στο κέντρο του ροδογράμματος. Η ταχύτητα του ανέμου, για ιστορικούς λόγους, μετράται με την κλίμακα Beaufort προς τιμή του προτείνοντος αυτή Francis Beaufort.



Διάγραμμα 2-2: Ένα ροδόγραμμα τυχαίας □ εριοχής □ ου δείχνει ότι η υψηλή μέση ταχύτητα είναι από τον νότο.

2.2.4 Στροβιλισμός ανέμου

Η ύπαρξη ανωμαλιών του εδάφους, κτιρίων, δέντρων ή εμποδίων γενικά μπορεί να δημιουργήσει στροβιλισμούς και να μειώσει την αποδοτικότητα. Πριν την επιλογή της περιοχής απαιτείται μελέτη στατιστικών μετεωρολογικών δεδομένων για τις κατευθύνσεις των κυρίαρχων ανέμων για περίοδο ενός χρόνου. Η ανατάραξη του αέρα δημιουργεί τυχαίους στροβιλισμούς του αέρα λόγω της ύπαρξης διαφόρων χαρακτηριστικών της επιφάνειας του εδάφους Τα εμπόδια στο έδαφος συχνά δημιουργούν οργανωμένους στροβίλους. Οι οργανωμένοι στρόβιλοι επηρεάζουν τόσο την παρεχόμενη ισχύ από τον άνεμο όσο και την όλη εγκατάσταση του συστήματος μιας αιολικής μηχανής.

2.2.5 Επικρατούσα ανατάραξη ανέμου

Καθορίζεται από την ένταση της ανατάραξης *I :*

$$I = \frac{\sigma_v}{\bar{V}} \tag{2.6}$$

Η ένταση της ανατάραξης εξαρτάται από την τραχύτητα του εδάφους και μπορεί να υπολογιστεί με βάση το μήκος τραχύτητας. Η ένταση της ανατάραξης είναι ένα από τα βασικά μεγέθη τα οποία πρέπει να γνωρίζει κανείς όταν πρόκειται να εγκαταστήσει μια αιολική μηχανή, γιατί δεν επιδρά μόνο στην συλλεγόμενη ισχύ, αλλά και στην όλη εγκατάσταση του συστήματος.

2.2.6 Υπολογισμός διανομής της ταχύτητας του ανέμου

Για τον υπολογισμό της διανομής της ταχύτητας του ανέμου μέσα στο επιφανειακό στρώμα (100-150m από την επιφάνεια του εδάφους) χρησιμοποιούνται ο λογαριθμικός νόμος (εξίσωση (2.7)) και ο εκθετικός νόμος (εξίσωση (2.6)):

$$V(z) = \frac{V^*}{k} \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \tag{2.7}$$

$$V(z) = V(zo) * \left(\frac{z}{zo}\right)^{\alpha}$$

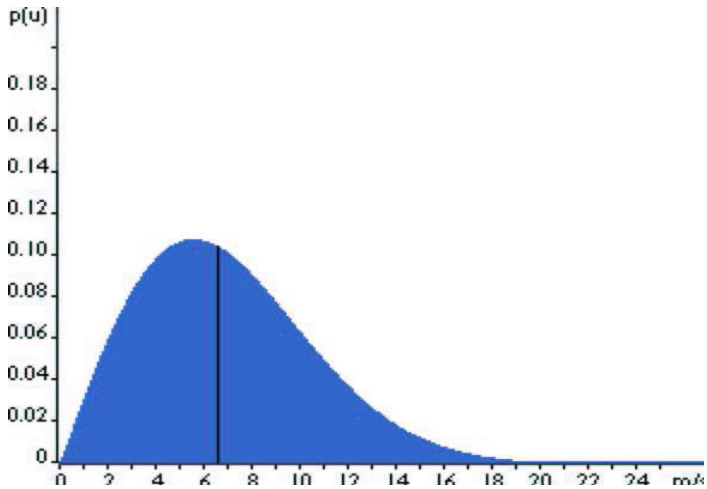
(2.8)

όπου $V(z)$ η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος z, V' η ταχύτητα τριβής, α ο εκθέτης του εκθετικού νόμου, k η σταθερά von Karman (k=0.35) και zo η παράμετρος τραχύτητας ή μήκος τραχύτητας ό.ου σχετίζεται με την κάλυψη βλάστησης της περιοχής. Συνήθως χρησιμοποιείται ο εκθετικός νόμος λόγω της απλότητας του. Ο εκθέτης α αποτελεί μια ένδειξη της μορφής της επιφάνειας του εδάφους. Υπάρχουν πίνακες που δίνουν τιμές για τον εκθέτη α και βασίζονται σε πειραματικές προσεγγίσεις. Ενδεικτικές τιμές για το εκθέτη α είναι α=0.17 για ανοικτά πεδία, όπως είναι η θάλασσα ή ο χώρος ενός αεροδρομίου, α=0.20 για μικρές πόλεις με χαμηλές κατασκευές και α=0.25 για πόλεις με μεγάλες και πολυώροφες κατασκευές.

Η ατμοσφαιρική μίξη συνήθως ακολουθεί έναν ημερήσιο κύκλο οδηγούμενο από την ηλιακή θέρμανση. Στο ύψος της πλήμνης μιας Α/Γ, ο κύκλος αυτός προκαλεί συχνά αύξηση της ταχύτητας του ανέμου την ημέρας και μείωσή της τη νύχτα. Εντούτοις, το εύρος της μεταβολής μεταξύ νύχτας και ημέρας εν γένει μειώνεται καθώς αυξάνεται το ύψος της πλήμνης. Σε ύψος περίπου 10m η ημερήσια μεταβολή μπορεί να είναι πολύ έντονη, αλλά καθώς αυτό αυξάνεται στα 50m αυτή εξασθενεί ή μπορεί ακόμη και να εξαφανιστεί. Η λογαριθμική κατανομή της ταχύτητας του ανέμου μπορεί να εφαρμοσθεί στα χαμηλότερα 100m, με κατάλληλες διορθώσεις ώστε να ληφθούν υπόψη οι ανωτέρω μεταβολές στην ατμοσφαιρική ευστάθεια.

2.2.7 Κατανομή του ανέμου

Η κατανομή του ανέμου εκφράζει τις μεταβολές του ανέμου καθ' ύψος. Ο άνεμος ακολουθεί την κατανομή Weibull. Για την εύρεση της καμ.ύλης διάρκειας των ταχυτήτων του ανέμου πρέπει να προσδιοριστεί το χρονικό διάστημα για το οποίο η μετρημένη ταχύτητα είναι μικρότερη από κάποια προσδιορισμένη τιμή. Η κατανομή Weibull περιγράφει ικανοποιητικά τα ανεμολογικά χαρακτηριστικά στις περιοχές της εύκρατης ζώνης και για ύψος μέχρι 100m από το έδαφος. Η κατανομή Weibull φαίνεται παρακάτω (εικ.2-3).



Διάγραμμα 2-3: Η κατανομή Weibul.

Η εξίσωση που περιγράφει την κατανομή Weibull είναι η ακόλουθη:

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

(2.9)

όπου k είναι η παράμετρος σχήματος ($1<k<3$) και c η παράμετρος κλίμακας. Οι παράμετροι k και c της κατανομής Weibull υπολογίζονται προσεγγιστικά από τις σχέσεις:

$$k = \left(\frac{\sigma_V}{\overline{V}}\right)^{-1.086}$$

(2.10)

$$c = 1.128 \cdot \overline{V}$$

(2.11)

2.3 Αρχή λειτουργείας ανεμογεννήτριας

Οι ανεμογεννήτριες κάνουν χρήση των δυνάμεων που αναπτύσσονται στις αεροτομές των πτερυγίων για να πετύχουν την πολυπόθητη παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος από τον άνεμο. Οι δυνάμεις αυτές είναι η αντίσταση και η άνωση. Αντίσταση είναι η δύναμη που ασκείται σε ένα αντικείμενο από την ροή του αέρα και έχει την κατεύθυνση της ροής. Αντίθετα η άνωση-η οποία είναι και η κινητήρια δύναμη των ανεμογεννητριών-είναι η δύναμη που ασκείται από τον άνεμο στο αντικείμενο και έχει κατεύθυνση κάθετη στη ροή του ανέμου. Η άνωση είναι μικρή για μηδενική γωνία πρόσπτωσης και αυξάνεται για μικρές γωνίες πρόσπτωσης οι οποίες καθορίζονται από τις αεροτομές. Η παραγωγή ισχύος μιας ανεμογεννήτριας μεταβάλλεται ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου, ενώ κάθε μηχανή χαρακτηρίζεται από την καμπύλη ισχύος της, η οποία εξαρτάται από τα γεωμετρικά της χαρακτηριστικά και το σχεδιασμό της. Η καμπύλη ισχύος μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από την ταχύτητα έναρξης της ανεμογεννήτριας, από την οποία αρχίζει να παράγει ισχύ, την ταχύτητα διακοπής όπου η μηχανή τίθεται εκτός λειτουργίας προκειμένου να προστατευτεί από πολύ ισχυρούς ανέμους, καθώς και την ονομαστική ταχύτητα, που είναι η μικρότερη ταχύτητα στην οποία η μηχανή παράγει την ονομαστική της ισχύ. Η παραγόμενη ενέργεια μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από την καμπύλη ισχύος της μηχανής και από τον άνεμο στην περιοχή. Μερικοί ακόμη παράγοντες που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο είναι η διαθεσιμότητα της μηχανής, οι απώλειες μεταφοράς και ο βαθμός απόδοσης του αιολικού πάρκου.

2.3.1 Τύποι ανεμογεννητριών

Τα συστήματα αιολικής ενέργειας μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες,
ανάλογα :

1. με τον τρόπο περιστροφής του άξονα της ανεμογεννήτριας
2. με την κατεύθυνση του δρομέα
3. με τον αριθμό των πτερυγίων

1. Ανάλογα με τον τρόπο περιστροφής του άξονα της ανεμογεννήτριας

Υπάρχουν 2 τύποι ανεμογεννητριών: Οι ανεμογεννήτριες <u>οριζόντιου</u> και <u>κατακόρυφου</u> άξονα.

Η συντριπτική πλειοψηφία των ανεμογεννητριών ανήκει στον πρώτο τύπο και αποτελούνται από δύο η 3 πτερύγια. Κύρια μέρη των ανεμογεννητριών αυτών είναι ο δρομέας, το σύστημα αύξησης των τροχών(κιβώτιο ταχυτήτων), το σύστημα πέδησης, τα έδρανα του άξονα και οι ελαστικοί σύνδεσμοι, η ηλεκτρική γεννήτρια, σύστημα προσανατολισμού, ο πύργος στήριξης και τα θεμέλια. ‘Ολες οι ανεμογεννήτριες που υπάρχουν αυτήν την στιγμή στο εμπόριο προς διάθεση και που χρησιμοποιούνται στο δίκτυο βασίζονται σε έναν δρομέα σαν προπέλα που στηρίζεται πάνω σε έναν οριζόντιο άξονα. Ο σκοπός του άξονα είναι να μετατρέπει τη γραμμική κίνηση του ανέμου σε περιστροφική έτσι ώστε να είναι πολύ πιο εύκολο να χρησιμοποιηθεί για να κινήσει μια γεννήτρια ώστε αυτή να παράξει ηλεκτρική ενέργεια.

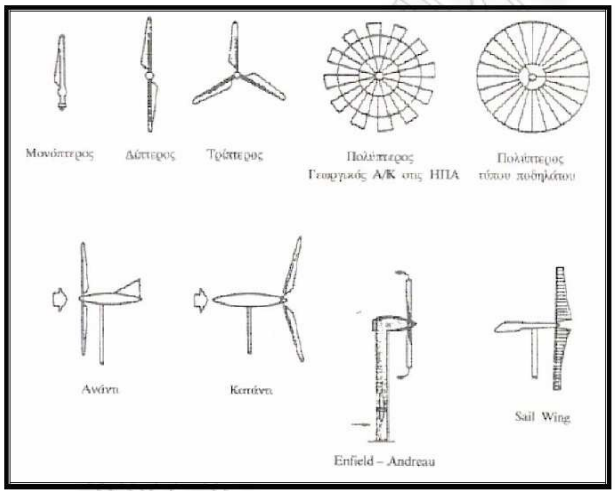
‘Οσον αφορά στις ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα, αυτές μοιάζουν με υδραυλικούς τροχούς. Η μόνη ανεμογεννήτρια τέτοιου τύπου η οποία έχει κατασκευαστεί και κυκλοφορεί στο εμπόριο προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι η μηχανή του Darrieus, η οποία ονομάστηκε έτσι από τον Γάλλο κατασκευαστή της που έφερε το ίδιο όνομα.

Τα βασικά **πλεονεκτήματα** της είναι ότι:
• Το κιβώτιο ταχυτήτων και η γεννήτρια μπορούν να τοποθετηθούν στο έδαφος , με αποτέλεσμα να μη χρειάζεται ένας πύργος για τη μηχανή.
• Δεν χρειάζεται μηχανισμός παρεκκλίσεων για να γυρίσει το στρόφιο στην κατεύθυνση του ανέμου.

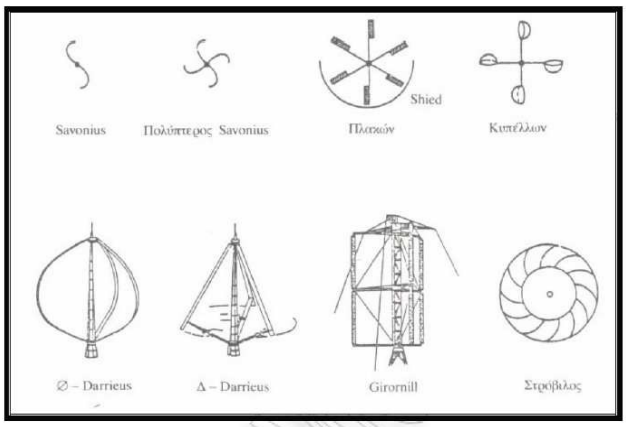
Τα **μειονεκτήματα** όμως αυτού του τύπου, που το καθιστούν δεύτερη επιλογή σε σχέση με τον πρώτο τύπο είναι τα εξής:
• Οι ταχύτητες του ανέμου είναι πολύ χαμηλές κοντά στο έδαφος. 'Ετσι παρά το γεγονός πως δεν χρειάζεται πύργος για τη μηχανή, οι ταχύτητες του ανέμου θα είναι πολύ μικρές στο χαμηλότερο δρομέα της μηχανής.
• Η γενική αποδοτικότητα δεν ξεπερνά αυτή των μηχανών οριζόντιου άξονα.
• Η μηχανή μπορεί να χρειαστεί βαριά καλώδια για να κρατηθεί εύκολα, κάτι που κάθε άλλο παρά πρακτικό είναι για ένα πυκνό σχετικά αιολικό πάρκο.
• Εάν απαιτηθεί αντικατάσταση του κύριου ρουλεμάν , τότε χρειάζεται αφαίρεση του και για τους 2 τύπους μηχανών, με την διαφορά όμως ότι στις ανεμογεννήτριες κατακόρυφου τύπου πρέπει να λυθεί ολόκληρη η μηχανή.

'Ολα τα παραπάνω καθιστούν σχεδόν μονόδρομο την χρήση ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα, ενώ οι κατακόρυφου άξονα μηχανές χρησιμοποιούνται κυρίως για ερευνητικούς σκοπούς, ώστε να ευρεθεί στο μέλλον μια πιο αποδοτική μηχανή.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι κυριότεροι τύποι ανεμοκινητήρων οριζόντιου και κατακόρυφου άξονα.



Εικόνα 2-1: Τύποι ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα



Εικόνα 2-2: Τύποι ανεμογεννητριών κατακόρυφου άξονα

2. Ανάλογα με την κατεύθυνση του δρομέα

Και εδώ υπάρχουν 2 τύποι:

- Στον πρώτο τύπο ανήκουν οι μηχανές των οποίων ο δρομέας κοιτάει προς την κατεύθυνση του ανέμου και
- Στον δεύτερο τύπο οι μηχανές όπου ο δρομέας κοιτά αντίθετα προς τηνκατεύθυνση του ανέμου.

Το κύριο **πλεονέκτημα** του πρώτου τύπου είναι ότι αποφεύγεται η ελάττωση της κινητικής ενέργειας του ανέμου όταν αυτός περνά από την άτρακτο. Η πλειοψηφία των μηχανών που έχουν κατασκευαστεί είναι τέτοιου τύπου.
Στο δεύτερο τύπο, ο δρομέας βρίσκεται στην πίσω πλευρά της ατράκτου. 'Ενα θεωρητικό πλεονέκτημα είναι ότι μπορεί να κατασκευαστεί χωρίς μηχανισμό παρεκκλίσεων, κάτι όμως που για τις μεγάλες ανεμογεννήτριες καθίσταται αμφισβητίσιμο. Το κύριο πρακτικό πλεονέκτημα αυτού του τύπου όμως είναι ότι μπορούν να κατασκευαστούν πολύ ελαφρύτερες σε σχέση με τον πρώτο τύπο κάτι που έχει ανάλογη επίπτωση και στην τιμή.

Στα **μειονεκτήματα** τώρα συγκαταλέγεται το γεγονός ότι απαιτείται η χρήση μεγάλων καλωδίων για να οδηγηθεί το ρεύμα μακριά από τη μηχανή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να είναι φυσικό επόμενο τα καλώδια αυτά να μπλεχτούν όταν η μηχανή παρεκκλίνει της πορείας παθητικά στην ίδια κατεύθυνση, αφού δεν υπάρχει μηχανισμός παρέκκλισης να την κατευθύνει. 'Ομως το κυριότερο μειονέκτημα τους είναι ότι η διακύμανση στην αιολική ενέργεια λόγω της θέσης του δρομέα που περνά μέσα από τους στρόβιλους που δημιουργούνται μέσα στην άτρακτο προκαλεί περισσότερη κόπωση στη μηχανή, κάτι που μειώνει σημαντικά το χρόνο ζωής τους και αυξάνει τα έξοδα συντήρησης. Εξαιτίας του ότι οι μηχανές του πρώτου τύπου δεν έχουν τελειοποιηθεί ακόμα, προτιμούνται οι μηχανές όπου ο δρομέας κοιτά προς την κατεύθυνση του ανέμου.
Αξιοσημείωτη είναι όμως και η εξέλιξη της τεχνολογίας των ανεμογεννητριών. Μπορεί κάποιος εύκολα να παρατηρήσει ότι με την πάροδο του χρόνου κατασκευάζονται συνεχώς ανεμογεννήτριες μεγαλύτερης ισχύος με ακόμα μεγαλύτερη απόδοση και καλύτερα χαρακτηριστικά. Στην επόμενη σελίδα φαίνονται οι 2 προαναφερθέντες τύποι ανεμογεννητριών.

Εικόνα 2-3: Ανεμογεννήτρια με τον δρομέα προς την κατεύθυνση του ανέμου

Εικόνα 2-4: Ανεμογεννήτρια με τον δρομέα αντίθετα προς την κατεύθυνση του ανέμου

3. Ανάλογα με τον αριθμό των πτερυγίων

Οι περισσότεροι κατασκευαστές δείχνουν σαφή προτίμηση προς τις ανεμογεννήτριες με μονό αριθμό λεπίδων, προκειμένου να διασφαλιστεί η σταθερότητα της μηχανής. Ο κυριότερος λόγος για τον οποίο πλήττεται η σταθερότητα της μηχανής είναι ότι την στιγμή που κάμπτεται προς τα πίσω η ανώτατη λεπίδα λόγω της πίεσης που δέχεται από τον αέρα, συγχρόνως οι λεπίδες που βρίσκονται από την κάτω πλευρά δέχονται μικρή δύναμη από τον αέρα, επομένως μια από τις 2 πλευρές θα πιέζεται περισσότερο.
Η συντριπτική πλειοψηφία των σύγχρονων ανεμογεννητριών αποτελούνται από 3 λεπίδες και με τον δρομέα να έχει κατεύθυνση ταυτόσημη με αυτή του ανέμου. Παράλληλα χρησιμοποιούν ηλεκτρικές μηχανές στο μηχανισμό παρεκκλίσεων τους. Το συγκεκριμένο μάλιστα σχέδιο μπορούμε να πούμε με βεβαιότητα πως τείνει να γίνει πρότυπο σε σχέση με τις υπόλοιπες μηχανές που είτε αξιολογούνται είτε είναι προς σχεδιασμό.

Τα σχέδια ανεμογεννητριών με 2 λεπίδες έχουν το πλεονέκτημα ότι έχουν χαμηλότερο κόστος και ζυγίζουν λιγότερο καθώς έχουν μια λεπίδα λιγότερη από τις ανεμογεννήτριες με μονό αριθμό λεπίδων. Ωστόσο το γεγονός ότι προκειμένου να παράξουν την ίδια ποσότητα ενέργειας με μια αντίστοιχη μηχανή μονού αριθμού λεπίδων απαιτείται να έχουν μεγαλύτερη περιστροφική ταχύτητα, αποτελεί ένα επιπρόσθετο μειονέκτημα πέρα από αυτή της μεγαλύτερης αστάθειας τους.
Πρέπει να τονιστεί ότι πέραν των διλεπίπεδων και τριλεπίπεδων ανεμογεννητριών, στην αγορά υπάρχουν και μηχανές με μια μόνο λεπίδα. Οι συγκεκριμένες μηχανές ωστόσο δεν είναι πολύ διαδεδομένες καθώς παρουσιάζουν σε γενικές γραμμές ίδιας φύσης προβλήματα με τις μηχανές με ζυγό αριθμό λεπίδων και πιθανότατα ακόμα μεγαλύτερα. Συγκεκριμένα και σε αυτήν την περίπτωση ο δρομέας πρέπει να αποκτήσει μεγαλύτερη ταχύτητα σε σχέση με τις υπόλοιπες, ενώ ο θόρυβος και η οπτική όχληση αποτελούν μερικά ακόμα αρνητικά σημεία. Πέραν όμως όλων αυτών ένα σημαντικό μειονέκτημα τους είναι ότι προκειμένου να διασφαλιστεί η ισορροπία της μηχανής κρίνεται απαραίτητη η τοποθέτηση ενός αντίβαρου στην άλλη πλευρά της βάσης του στροφείου. ‘Ετσι με αυτόν τον τρόπο χάνεται και το πλεονέκτημα του βάρους το οποίο εκ πρώτης άποψης θα είχαν οι ανεμογεννήτριες με μια λεπίδα έναντι των υπολοίπων. Το μοναδικό τους μειονέκτημα είναι ότι έχουν σαφώς μικρότερο κόστος έναντι των άλλων ανεμογεννητριών.

Από όλα τα παραπάνω γίνονται αντιληπτοί οι λόγοι για τους οποίους οι ανεμογεννήτριες των 3 λεπίδων προτιμούνται από τους διάφορους κατασκευαστές περισσότερο από τις αντίστοιχες με μια, η με 2 λεπίδες.

Ακολουθούν απεικονίσεις των ανεμογεννητριών με δύο και με μία λεπίδα.

Εικόνα 2-5: Άποψη ανεμογεννήτριας με 2 λεπίδες

Η ολοένα και μεγαλύτερη στροφή που παρατηρείται στην εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας έχει σαν αποτέλεσμα με το πέρασμα του χρόνου να εξελίσσεται ανάλογα και η τεχνολογία κατασκευής των ανεμογεννητριών. ‘Ετσι σημαντικό και ενθαρρυντικό για το μέλλον στοιχείο είναι ότι διαρκώς και σε σταθερή βάση κατασκευάζονται ανεμογεννήτριες με όλο και μεγαλύτερη ισχύ, με διαρκώς πιο βελτιωμένα χαρακτηριστικά και με συνεχώς αυξανούμενη απόδοση.

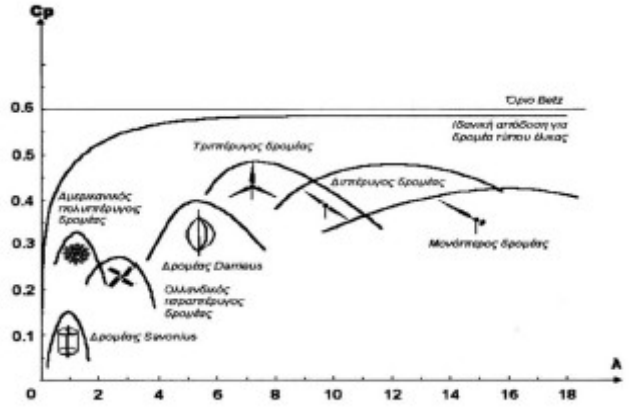
Εικόνα 2-6: Άποψη ανεμογεννήτριας με μία λεπίδα

2.3.2 Συντελεστής ισχύος ανεμογεννήτριας

Στην ραγματικότητα η ανεμογεννήτρια εκμεταλλεύεται ένα ποσοστό από την ισχύ του αέρα. Το ποσοστό αυτό καθορίζεται από τον συντελεστή ισχύος (*Cp*)της ανεμογεννήτριας, ο οποίος αποτελεί στην ουσία τον αεροδυναμικό βαθμό της πτερωτής. Ο συντελεστής αυτός περιγράφει το ποσοστό της ισχύς του ανέμου που εκμεταλλεύεται η πτερωτή της μηχανής. Ακόμα και για μια ιδανική πτερωτή, ο συντελεστής ισχύος δεν μπορεί να υπερβεί το λεγόμενο όριο (0.593) του Betz, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα. Ο Betz υπέθεσε ότι υπάρχει μία ιδανική πτερωτή η οποία δεν φέρει το μηχανικό εξοπλισμό της πάνω στον άξονα περιστροφής και ο αριθμός των πτερυγίων μπορεί να είναι απεριόριστος, χωρίς να παρατηρείται αντίσταση από την διέλευση του αέρα από αυτά αλλά ακόμα και για αυτή την ιδανική πτερωτή, ο συντελεστής ισχύος δεν μπορεί να υπερβεί όριο 0.593 δηλαδή 59.3%. Η ισχύς που αποδίδει η ανεμογεννήτρια είναι:

$$P_{WT}(W) = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$

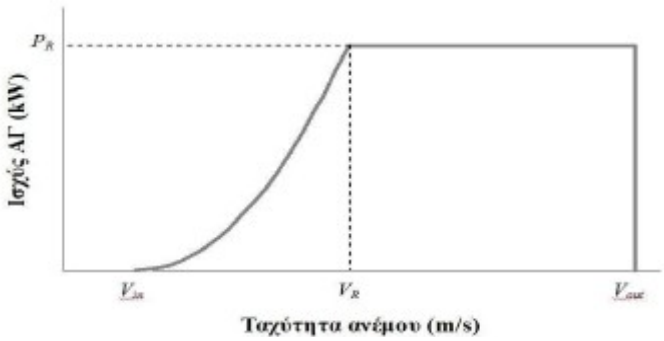
(2.12)



Εικόνα 2-6: Σε όλους του τύπους πτερωτής η απόδοση δεν ξεπερνάει το 59.3%.

2.3.3 Καμπλύλη ισχύος ανεμογεννήτριας

Η καμπύλη ισχύος μίας ανεμογεννήτριας είναι ένα σημαντικό στοιχείο της που την χαρακτηρίζει. Η καμ̣ύλη ισχύος βασίζεται στην αεροδυναμική ποιότητα της ανεμογεννήτριας όπως και στις επικρατούσες συνθήκες ανέμου και στα χαρακτηριστικά του εδάφους. Σε κάθε ανεμογεννήτρια, μετά ας̣ συγκεκριμένη ταχύτητα (*VR*), η ισχύς παραμένει σταθερή ενώ σε συγκεκριμένη ταχύτητα (*Vout*) η ανεμογεννήτρια στάματα την λειτουργία της για να μην καταστραφεί.



Εικόνα 2-7: Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας.

2.4 Αιολικά συστήματα στην Ελλάδα

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με ένα αξιοσημείωτο αριθμό νησιών, με αποτέλεσμα οι άνεμοι που επικρατούν στις νησιώτικες και παράκτιες περιοχές να την καθιστούν μια ιδιαίτερη περίπτωση και να αποτελούν πρόσφορο έδαφος για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας. Το εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό αντιστοιχεί στο 14% του συνόλου των ηλεκτρικών αναγκών της χώρας. 4 Αυτά τα στοιχεία έχουν σαν φυσικό επόμενο να έχουν γίνει ενέργειες για την αξιοποίηση του πολύ σημαντικού αιολικού δυναμικού σε όλη την χώρα. Παρά όμως το ολοένα αυξανόμενο ενδιαφερον, σημαντικό μειονέκτημα στις προσπάθειες

αποτελεί η καθυστέρηση που συνήθως παρατηρείται στην υλοποίηση των έργων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

Ηλιακή Ενέργεια

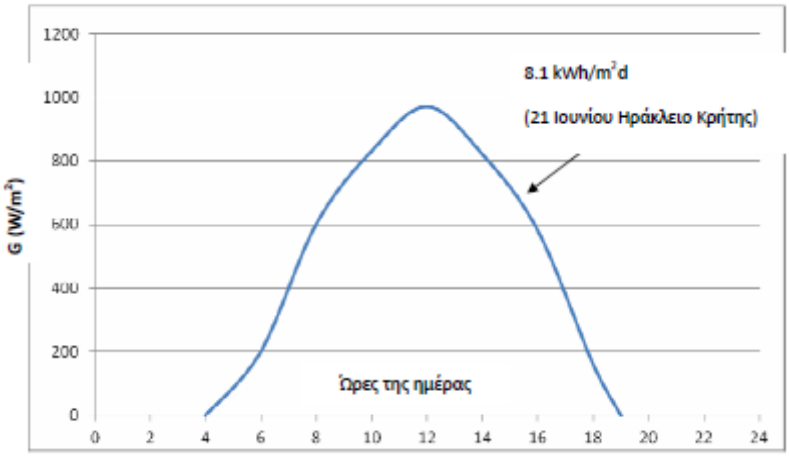
3.1: Η Ηλιακή Ακτινοβολία

3.1.1 Ο Ήλιος

Ο ήλιος είναι ένα τυπικό αστέρι, με μάζα 2×1030kg, ακτίνα 700.000km, ηλικία 5×109 χρόνια και υπολογίζεται ότι έχει μπροστά του άλλα 5 περίπου δισεκατομμύρια χρόνια ζωής. Η επιφανειακή θερμοκρασία του είναι ~5.800oK, ενώ η εσωτερική, περίπου, 15.000.000oK. Η υψηλή θερμοκρασία του ήλιου οφείλεται στις αυτοσυντηρούμενες πυρηνικές αντιδράσεις που συμβαίνουν στο εσωτερικό του κατά τις οποίες μετατρέπεται το υδρογόνο σε ήλιο. Υπολογίζεται ότι κάθε γραμμάριο υδρογόνου, που μετατρέπεται σε ήλιο, εκλύεται ενέργεια ίση με 1,67×105 kWh. Η ηλιακή ενέργεια διαδίδεται στο σύμπαν, κυρίως με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αλλά και με σωματιδιακή μορφή.

3.1.2 Ημερήσια ενεργειακή απολαβή από τον ήλιο

Η ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας (m2) που φτάνει στην επιφάνεια της Γης μέσα σε μια μέρα, εξαρτάται από την κλίση της συλλεκτικής επίπεδης επιφάνειας, το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, τη μέρα του χρόνου και από τις συγκεντρώσεις των διαφόρων αερίων, υγρών και στερεών συστατικών και αιωρημάτων της ατμόσφαιρας, κατά την ημέρα εκείνη. Οι συλλεκτικές επιφάνειες των μετρητικών οργάνων (αισθητήρων), μπορεί να προσανατολιστούν σύμφωνα με τις απαιτήσεις του πειράματος και τις προδιαγραφές των οργάνων αυτών.
Στο διάγραμμα 3-1 που ακολουθεί, φαίνεται η πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας, σε πυρανόμετρο με οριζόντια επιφάνεια στις 21 Ιουνίου στο Ηράκλειο Κρήτης.



Διάγραμμα 3-1: Καταγραφή της πυκνότητας ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας, σε πυρανόμετρο με οριζόντια επιφάνεια σε μια χαρακτηριστική μέρα κατά τη διάρκεια του έτους.

Ώρες της ημέρας **G (W/m2)** 8.1 kWh/m2d (21 Ιουνίου Ηράκλειο Κρήτης)

Προκειμένου, όμως να υπάρχουν συγκρίσιμα στοιχεία, σε διεθνή κλίμακα, αναφερόμαστε σε μετρήσεις με αισθητήρες, οι οποίοι τοποθετούνται με τη συλλεκτική τους επιφάνεια, οριζόντια. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι μέσες ημερήσιες τιμές της πυκνότητας ισχύος (W/m2) και της πυκνότητας ενέργειας (J/m2) της ηλιακής ακτινοβολίας, σε οριζόντια επιφάνεια, μέσα σε κάθε μήνα και μέσα στο έτος. Για να αξιοποιηθούν αυτά τα μετεωρολογικά στοιχεία σε πρακτικές εφαρμογές (π.χ. ενεργειακές μελέτες), απαιτούνται μετρήσεις που να

καλύπτουν περίοδο πολλών ετών (π.χ. 10 έως 30 ετών). Σε περιπτώσεις που λείπουν στοιχεία μακράς περιόδου για κάποιο τόπο, μπορούν να αξιοποιούνται στοιχεία που έχουν συλλεχθεί σε μικρότερες χρονικές περιόδους, με την επιφύλαξη της μικρότερης αξιοπιστίας τους.

3.1.3 Ηλιοφάνεια

Εκτός από τη μέση ημερήσια ενέργεια από τον ήλιο σε μηνιαία και ετήσια βάση, σε οριζόντιο επίπεδο, χαρακτηριστικό στοιχείο μιας περιοχής είναι η ηλιοφάνειά της. Αυτή εξαρτάται βεβαίως από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου και από τη θέση και την διαμόρφωση της περιοχής. Τα χαρακτηριστικά αυτά πιθανόν να ευνοούν την ανάπτυξη νεφώσεων, με αποτέλεσμα την μείωση των ηλιόλουστων ημερών. Η ηλιοφάνεια εκφράζεται σε πλήθος ωρών ανά μήνα και ανά έτος, κατά τις οποίες ο ήλιος είναι ορατός στον ουρανό. Στην Ελλάδα, η περιοχή με τη μεγαλύτερη ηλιοφάνεια, είναι η περιοχή της Ιεράπετρας, στο νοτιοανατολικό μέρος της Κρήτης (3108 ώρες ετησίως).

3.1.4 Ο Αληθής Ηλιακός Χρόνος και η Εξίσωση του Χρόνου

Ως αληθής ηλιακός χρόνος, tA , ορίζεται η ωριαία γωνία, ωA, του κέντρου του ηλιακού δίσκου, κατά την ημερήσια φαινόμενη κίνησή του στην ουράνια σφαίρα, αυξημένη κατά 12h. Το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών κάτω μεσουρανήσεων του κέντρου του δίσκου του ήλιου, ονομάζεται αληθής ηλιακή μέρα, με αρχή την κάτω μεσουράνηση, που αναφέρεται ως αληθές μεσονύκτιο. Η άνω μεσουράνηση ονομάζεται αληθές μεσημέρι. Εξαιτίας αφενός της ελλειπτικής τροχιάς της γης, αφετέρου της κλίσης της εκλειπτικής ως προς τον ουράνιο ισημερινό(πάνω στον οποίο μετρώνται οι ωριαίες γωνιές των αστέρων), εκάστη αληθής ηλιακή μέρα ολοκληρώνεται, κατά 4 min αργότερα, από μέρα σε μέρα. Συνεπώς, ο αληθής ηλιακός χρόνος δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναφορά των καθημερινών αναγκών του ανθρώπου.
Για την αντιμετώπιση αυτής της δυσκολίας, προσδιορίστηκε η διαφορά του αληθούς ηλιακού χρόνου tA, ως προς το χρόνο που αντιστοιχεί στην ομαλή κίνηση (δηλαδή με σταθερή γωνιακή ταχύτητα) ενός φανταστικού ήλιου κινούμενο επί του ισημερινού της ουράνιας σφαίρας, έτσι ώστε να τον διαγράφει στον ίδιο χρόνο με αυτόν που απαιτείται για να διαγράψει, ο αληθής ήλιος, την εκλειπτική. Ορίζεται έτσι ο μέσος ηλιακός χρόνος tM ως η ωριαία γωνία του μέσου ήλιου αυξημένη κατά 12h με αρχή την κάτω μεσουράνηση του ήλιου. Ο μέσος ηλιακός χρόνος ενός τόπου περιλαμβάνει ακριβώς 24 ώρες. Ο μέσος ηλιακός χρόνος του Greenwich ονομάζεται παγκόσμιος χρόνος. Η διαφορά του μέσου από τον αληθή ηλιακό χρόνο, ονομάζεται εξίσωση του χρόνου, ET.

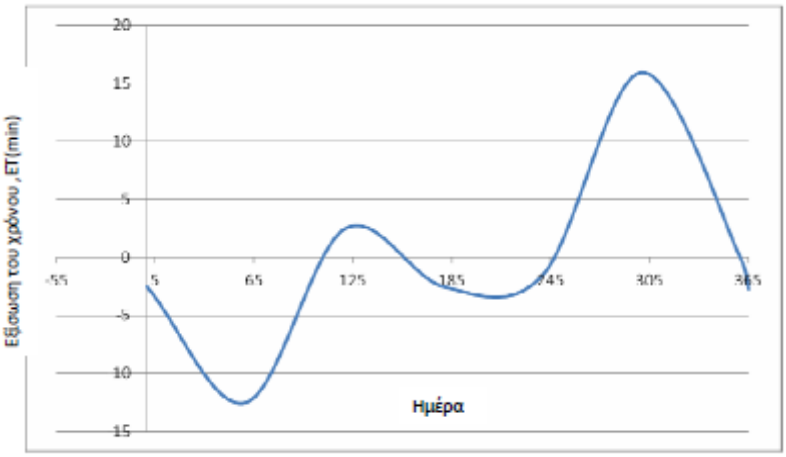
$$ET = tA - tM \quad (3.1)$$

Η ET μεταβάλλεται μέσα στο έτος, παίρνοντας θετικές και αρνητικές τιμές, μηδενιζόμενη τέσσερις φορές. Η εξίσωση του Χρόνου είναι αρνητική αν ο ήλιος κινούμενος φτάνει στον μεσημβρινό του τόπου πριν το νοητό μέσο ήλιο, δηλαδή, πριν τις 12h, σύμφωνα με το ρολόι, ενώ στην αντίθετη περίπτωση οι τιμές της είναι θετικές. Οι τιμές αυτές κυμαίνονται από -14min, τον Φεβρουάριο έως +16 min τέλος Οκτωβρίου. Η ET δεν είναι σταθερή από έτος σε έτος, παρά ταύτα με καλή προσέγγιση μπορεί να θεωρηθεί περιοδική, με περίοδο το έτος. Για το μεσημέρι της nης ημέρας του έτους με n=1 την 1η Ιανουαρίου, η ET μπορεί να υπολογιστεί, με καλή ακρίβεια από την αναλυτική σχέση:

$$ET = 0{,}0171885 + 0{,}4281082 \times \cos(TH) - 7{,}3514069 \times \sin(TH) - 3{,}3494657 \times \cos(2 \times TH) - 9{,}3617738 \times \sin(2 \times TH) \quad (3.2)$$

όπου $TH = 2\pi(n-1)/365$, το ημερήσιο τόξο (σε rad) που διαγράφει το κέντρο της γης κατά την περιφορά της περί τον ήλιο, θεωρούμενης της τροχιάς της κυκλικής. Η ακριβής εξίσωση του χρόνου για κάθε στιγμή παρέχεται από τις αστρονομικές εφημερίδες και τις ιστοσελίδες ορισμένων Αστεροσκοπείων και εξειδικευμένων ερευνητικών εργαστηρίων όπως π.χ. το National Renewable Energy Laboratory (NREL,U.S.A.).

Στο Διάγραμμα 3-2 που ακολουθεί παρουσιάζεται η γραφική παράσταση της Εξίσωσης Χρόνου, ET, μέσα στο έτος.



Διάγραμμα 3-2: Γραφική παράσταση της Εξίσωσης Χρόνου, ET, μέσα στο έτος.

3.1.5 Προσδιορισμός του αληθούς νότου με βάση τον τοπικό ωρολογιακό χρόνο

Η επιφάνεια της γης διαιρείται σε 24 ωριαίες ατράκτους, γωνιακού εύρους 15ο η καθεμία, οι οποίες ονομάζονται ζώνες χρόνου. Οι κάτοικοι μιας χώρας που βρίσκεται μέσα σε μια Ημέρα Εξίσωση του χρόνου ,ET(min) ζώνη χρησιμοποιούν στις καθημερινές τους ασχολίες, τον ίδιο χρόνο, αυτόν που αναφέρεται στον κεντρικό μεσημβρινό κάθε ζώνης και ο οποίος ονομάζεται πολιτικός ή επίσημος χρόνος της χώρας. Χώρες που εκτείνονται σε περισσότερες της μίας, ζώνες, χαρακτηρίζονται, ενίοτε, από διαφορετικούς πολιτικούς χρόνους (π.χ. Ρωσία, ΗΠΑ). Ως μηδενική ζώνη ορίστηκε αυτή που έχει ως κεντρικό μεσημβρινό, αυτόν του Greenwich, ο οποίος αποτελεί τον μεσημβρινό αναφοράς(0ο) και εκτείνεται από -7,5ο έως 7,5ο. Η πρώτη ζώνη Ανατολικά του Greenwich προσδιορίζεται αλγεβρικά με 1 και έχει κεντρικό μεσημβρινό αυτόν που αντιστοιχεί στις 15ο από 7,5ο έως 22,5ο, η δεύτερη με 2 και κεντρικό μεσημβρινό στις 30ο κ. ο. κ. . υτικά του Greenwich, οι ζώνες καθορίζονται με αντίστοιχο αρνητικό αριθμό όπως φαίνεται στον πίνακα ζωνών χρόνου. Στην εικόνα 3-1 παρουσιάζεται ο πίνακας ζωνών του χρόνου:

Εικόνα 3-1: Πίνακας ζωνών χρόνου

Ο μέσος ηλιακός χρόνος, tM (Local Mean Time,LMT) προσδιορίζεται από τον αντίστοιχο μέσο ηλιακό χρόνο του Greenwich (GMT) προσαυξημένο κατά τις ώρες που αντιστοιχούν στο γεωμετρικό μήκος του τόπου (tM=GMT+L/15). Συνεπώς η διαφορά μεταξύ του μέσου ηλιακού χρόνου του κεντρικού μεσημβρινού μιας ζώνης (επίσημος ή πολιτικός χρόνος ζώνης), τον οποίο συμβολίζουμε με LST (Local Standard Time),από τον αντίστοιχο μέσο ηλιακό χρόνο tM , ενός τόπου της ζώνης, γεωγραφικού μήκους L, ισούται με τη διαφορά των αντιστοίχων γεωγραφικών μηκών, εκφρασμένη σε ώρες. Οπότε

tM =LST+(L-LZCM)/15 (3.3)

όπου LZCM, το γεωγραφικό μήκος του μεσημβρινού της ζώνης (Zone Central Meridian), στον οποίο αναφέρεται ο επίσημος χρόνος της ζώνης. Συνδυάζοντας τις σχέσεις (2.1) και (2.3) προκύπτει ο αληθής ηλιακός χρόνος tA (True Solar Time, TST) σε ώρες:

Στις παραπάνω εξισώσεις, τα γεωγραφικά μήκη εκφράζονται σε μοίρες, η εξίσωση χρόνου σε λεπτά και ο επίσημος χρόνος ζώνης (LST) σε ώρες. Ο ακέραιος αριθμός nz=LZCM/15 προσδιορίζει τη ζώνη στην οποία εντάσσεται ο τόπος. Τέλος επειδή το ζητούμενο για τον

tA=LST+(L-LZCM)/15+ET(min)/60 (3.4)
Ή
TST=(LST-nz)+L/15+ET(min)/60 (3.5)

προσδιορισμό του αληθούς νότου είναι ο προσδιορισμός του ωρολογιακού χρόνου (LST ή Clock Time,CT) όταν συμβαίνει το ηλιακό μεσημέρι, δηλαδή όταν TST=12h γράφουμε τη τελευταία σχέση με τη μορφή:

LST=12+nz-L/15-[ET(min)/60] (3.6)

Στις προηγούμενες σχέσεις δεν περιλαμβάνεται η διόρθωση θερινής ώρας, ρύθμιση που εφαρμόζεται σε κάποιες ώρες κυρίως για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας. Στη χώρα μας η ρύθμιση αυτή εφαρμόζεται από την τελευταία Κυριακή του Μαρτίου έως την τελευταία Κυριακή του Οκτωβρίου. Γι' αυτό το χρονικό διάστημα στις παραπάνω σχέσεις (2.4), (2.5) (2.6) αντί του LST χρησιμοποιείται το LST-1. Σύμφωνα λοιπόν με τη σχέση 2.6 για τον καθορισμό του LST ή CT, κατά τη διέλευση του ηλίου από τον τοπικό μεσημβρινό απαιτείται η γνώση:
• Του αριθμού ζώνης nz με το αντίστοιχο πρόσημο
• Του γεωγραφικού μήκους της τοποθεσίας (L), με το αντίστοιχο πρόσημο
• Της συγκεκριμένης ημέρας του έτους, προκειμένου να προσδιοριστεί η εξίσωση του χρόνου ET.

Γνωρίζοντας τον ωρολογιακό χρόνο του αληθούς μεσημεριού μπορούμε να προσδιορίσουμε στο χώρο εγκατάστασης ενός ΦΒ συστήματος, την κατεύθυνση του αληθούς νότου, αρκεί εκείνη τη στιγμή να σημειώσουμε στο οριζόντιο έδαφος τη γραμμή της σκιάς μιας σχετικά λεπτής κατακόρυφης ράβδου.

Κεφάλαιο 3.2: Βασικά τμήματα φωτοβολταϊκών διατάξεων

3.2.1 Φωτοβολταϊκά Πλαίσια (Συλλέκτες)

Φωτοβολταϊκά Πλαίσια χαρακτηρίζονται οι βιομηχανικές διατάξεις μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Στην ουσία πρόκειται για ηλεκτρογεννήτριες που συγκροτούνται από πολλά ΦΒ στοιχεία σε επίπεδη διάταξη (ηλεκτρονικά συνδεδεμένα) που έχουν ως βάση λειτουργίας το ΦΒ φαινόμενο, το οποίο

αφορά τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Στην εικόνα 2 φαίνεται ένα ΦΒ πλαίσιο.

Εικόνα 3-2: Φωτοβολταϊκό Πλαίσιο

Φωτοβολταϊκό στοιχείο (PV cell) είναι η ηλεκτρονική διάταξη που παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν δέχεται ακτινοβολία. Λέγεται ακόμα φωτοβολταϊκό κύτταρο ή φωτοβολταϊκή κυψέλη. Η απορρόφηση της ενέργειας του φωτός από τα ηλεκτρόνια των ατόμων του Φ/Β στοιχείου και η απόδραση των ηλεκτρονίων αυτών από τις κανονικές τους θέσεις με αποτέλεσμα την δημιουργία ρεύματος είναι το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Το ηλεκτρικό πεδίο που προϋπάρχει στο Φ/Β στοιχείο οδηγεί το ρεύμα στο φορτίο. Στην εικόνα 3 δείχνεται η μορφή ενός ΦΒ Στοιχείου.

Εικόνα 3-3: Φωτοβολταϊκά Στοιχείο

Η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας υπό κατάλληλη γωνία, δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με την κατάλληλη σύνδεση σε φορτίο παράγεται συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο από τους αντιστροφείς (inverters). Το φωτοβολταϊκό πανέλο (PV panel) περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα φωτοβολταϊκά πλαίσια, που έχουν προκατασκευαστεί και συναρμολογηθεί σε ενιαία κατασκευή, έτοιμη για να εγκατασταθεί σε φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Η φωτοβολταϊκή συστοιχία (PV array) είναι μια ομάδα από φωτοβολταϊκά πλαίσια ή πανέλα με ηλεκτρική αλληλοσύνδεση, τοποθετημένα συνήθως σε κοινή κατασκευή στήριξης.

3.2.2 Υλικά πού χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών στοιχείων

Το υλικό που χρησιμοποιείται ευρύτατα στη βιομηχανία των ΦΒ κυψελίδων, είναι το Πυρίτιο (Si), (εικόνα 4). Στην άμμο, το Πυρίτιο περιέχεται με τη μορφή του οξειδίου του πυριτίου (SiO2). Το τελικό προϊόν χαρακτηρίζεται από υψηλή (99,99999% ή 7N) έως και πολύ υψηλή καθαρότητα (9N).

Εικόνα 3-4: Πυρίτιο

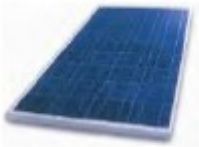
Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία Πυριτίου διακρίνονται σε έξι κατηγορίες, ανάλογα με τη δομή του βασικού υλικού ή τον ιδιαίτερο τρόπο παρασκευής. Οι διαφορετικοί τύποι είναι οι εξής:

• ΦΒ στοιχεία μόνο-κρυσταλλικού Πυριτίου (Single-crystal Silicon): Το βασικό υλικό είναι μόνο κρυσταλλικό Πυρίτιο και το πάχος του υλικού είναι σχετικά μεγάλο. Η απόδοση τους, με τη μορφή των ΦΒ πλαισίων κυμαίνεται από 13% έως 18% ενώ χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος κατασκευής. Το χρώμα τους είναι σκούρο μπλε. Στην εικόνα 5 φαίνεται ένα μόνο-κρυσταλλικό φωτοβολταϊκό πλαίσιο.

Εικόνα 3-5:Μόνο-κρυσταλλικό φωτοβολταϊκό πλαίσιο

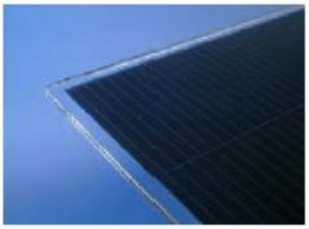
• ΦΒ στοιχεία πολύ-κρυσταλλικού Πυριτίου(Multicrystaline Silicon mc-Si): Στην περίπτωση του πολύ-κρυσταλλικού πυριτίου υπάρχει η δυνατότητα κατασκευής μεγάλων επιφανειών. Συνήθως κόβονται σε τετραγωνικής μορφής στοιχεία και αποτελούνται από λεπτά επιστρώματα, πάχους 10 έως 50 μm. Στην επιφάνεια της κυψελίδας, διακρίνονται οι διαφορετικές μόνο-κρυσταλλικές περιοχές των οποίων τα όρια αποτελούν θέσεις παγίδευσης των φορέων. Επομένως, όσο μικρότερο το συνολικό μήκος των οριακών περιοχών μέσα στο δεδομένης διάστασης ΦΒ στοιχείο, τόσο καλύτερη η ηλεκτρική αγωγιμότητα τους. Γενικά, όσο μεγαλύτερες οι διαστάσεις των μόνο-κρυσταλλικών περιοχών του πολύ-κρυσταλλικού ΦΒ στοιχείου, τόσο υψηλότερη η απόδοσή του, η οποία κυμαίνεται από 10% έως και 14% σε βιομηχανική μορφή ΦΒ πλαισίου. Το πολύ-κρυσταλλικό πυρίτιο χαρακτηρίζεται από σχετικά υψηλή χρονική σταθερότητα, το κόστος παρασκευής του είναι χαμηλότερο σε σχέση με το αντίστοιχο του μόνο-

κρυσταλλικού πυριτίου, ενώ το χρώμα του είναι γαλάζιο. Στην εικόνα 6 διακρίνουμε ένα πολύ-κρυσταλλικό φωτοβολταϊκό πλαίσιο.



Εικόνα 3-6: πολύ-κρυσταλλικό φωτοβολταϊκό πλαίσιο

• ΦΒ στοιχεία άμορφου πυριτίου (Amorphous or Thin film Silicon): Η τεχνολογία λεπτών επιστρώσεων ή υμενίων (films) είναι, θεωρητικά πολύ χαμηλού κόστους παραγωγής, εξαιτίας της μικρής χρησιμοποιούμενης μάζας υλικού. Το λεπτό επίστρωμα σχηματίζεται πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους. Η απόδοση αυτών των ΦΒ στοιχείων είναι αρκετά μειωμένη, στα επίπεδα του 6%-8%. Σήμερα, η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται για την παρασκευή σύνθετων ΦΒ στοιχείων , με διαδοχικές ενώσεις δύο ή τριών στρωμάτων με διαφορετικό ενεργειακό χάσμα, με σκοπό την αύξηση του αξιοποιήσιμου τμήματος του ηλιακού φάσματος. Ένα παράδειγμα είναι η παρασκευή ΦΒ στοιχείων από κράμα Πυριτίου με Άνθρακα και Γερμάνιο, με σταθεροποιημένη απόδοση ~περίπου ίση με 13%. Το ιδιαίτερο κατασκευαστικό χαρακτηριστικό τους είναι η δυνατότητα δημιουργίας διαδοχικών ΦΒ στοιχείων σε μεγάλες επιφάνειες ΦΒ πλαισίων. Στην εικόνα 3-7 βλέπουμε ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο άμορφου πυριτίου.



Εικόνα 3-7: Φωτοβολταϊκό πλαίσιο άμορφου πυριτίου

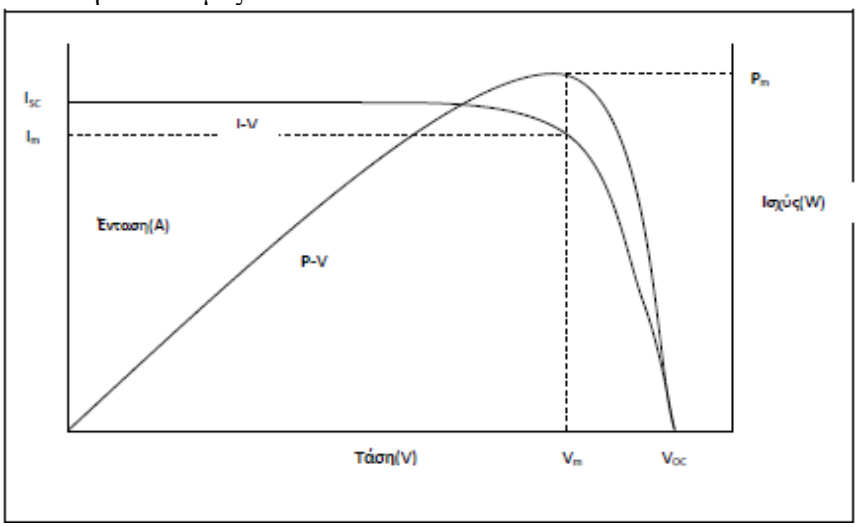
• ΦΒ στοιχεία ταινίας (-Ribbon Silicon): Στα στοιχεία αυτά δημιουργείται λεπτή ταινία από τηγμένο υλικό. Χρησιμοποιώντας Πολύ-κρυσταλλικό Πυρίτιο, η απόδοση είναι περίπου 13%. Η μέθοδος αυτή είναι υψηλού κόστους και προς το παρόν, περιορισμένης βιομηχανικής παραγωγής.

• Φωτοβολταϊκά στοιχεία άλλων υλικών, λεπτών επιστρώσεων: Τα ΦΒ στοιχεία περιέχουν άλλα ημιαγώγιμα υλικά, κυρίως σε συνδυασμό μεταξύ τους. Ο συνδυασμός επιλέγεται έτσι ώστε να προκύπτει διάταξη με καλύτερη αξιοποίηση του ηλιακού φάσματος. Τα ΦΒ στοιχεία αυτά, παρά τα πολύ σημαντικά πλεονεκτήματά τους σε σχέση με το πυρίτιο εμφανίζουν περιορισμένη χρήση λόγω των δυσκολιών που συνδέονται με την πολυπλοκότητα των μεθόδων που χρησιμοποιούνται. Όμως η συντελούμενη πρόοδος στον τομέα της βελτίωσης των μεθόδων παρασκευής των ΦΒ στοιχείων λεπτών επιστρώσεων ενισχύει την πρόβλεψη για ισχυρή διείσδυση τους στην αγορά, πιθανότατα μέχρι το 2020.

• Ηλεκτροχημικά ή Οργανικά Φωτοβολταϊκά στοιχεία: Όπως προδίδει η ονομασία τους η μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια πραγματοποιείται σε οργανικά συστήματα (π.χ. φωτοσύνθεση). Κύριο μειονέκτημα των ΦΒ στοιχείων αυτών η ευπάθειά τους στο φως και η συνακόλουθη ταχεία γήρανση τους. Το βασικό πλεονέκτημα των ΦΒ στοιχείων αυτής της τεχνολογίας το εξαιρετικά χαμηλό κόστος παρασκευής τους γεγονός που επιτρέπει να θεωρούμε δυνατή την αξιοποίηση τους ακόμα και με το μειονέκτημα του πολύ μικρότερου χρόνου ζωής τους σε σχέση με τα συμβατικά ΦΒ στοιχεία. Η όψη του ΦΒ καλύπτεται από αντιανακλαστική επίστρωση. Πρόκειται για μια διαφανή ουσία (π.χ. SiO_2, Al_2O_3, TiO_2, Si_3N_4, MgF_2), η οποία χαρακτηρίζεται από δείκτη διάθλασης τέτοιο ώστε για μια περιοχή μηκών κύματος, συνήθως γύρω από τα 600nm, (που βρίσκεται κοντά στο μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας (480nm), να ελαχιστοποιείται η ανακλώμενη συνιστώσα του φωτός.

Για να κυκλοφορήσει ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο στην ευρωπαϊκή αγορά πρέπει να πληροί κάποιες προδιαγραφές ανάλογα με την τεχνολογία του. Συγκεκριμένα, τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά πρέπει να

πληρούν τις προδιαγραφές CEC 503 ή EN 61215 ή IEC 61215 ή ισοδύναμες, ενώ τα thin-film την προδιαγραφή IEC 61646 ή ισοδύναμες.



Διάγραμμα 3-3: Καμπύλες I-V και P-V ενός ΦΒ στοιχείου πυριτίου

3.2.3 Χαρακτηριστική Καμπύλη I-V και P-V του φωτοβολταϊκού στοιχείου

Το ΦΒ στοιχείο έχει μια αρκετά ασυνήθιστη συμπεριφορά ως πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αντίθεση με τις περισσότερες ηλεκτρικές πηγές, οι οποίες διατηρούν σταθερή περίπου τάση στην περιοχή της κανονικής τους λειτουργίας, η τάση των ΦΒ στοιχείων μεταβάλλεται ριζικά (και μη γραμμικά) σε συνάρτηση με την ένταση του ρεύματος που δίνουν στο κύκλωμα, ακόμα και εάν η ακτινοβολία που δέχονται παραμένει σταθερή. Η μεταβολή της τάσης V σε συνάρτηση με την ένταση I ενός ΦΒ στοιχείου ορίζει την καμπύλη I-V.

Στο διάγραμμα 3-3 απεικονίζεται μια τυπική καμπύλη I-V για ένα ΦΒ στοιχείο πυριτίου, καθώς και η αντίστοιχη καμπύλη P-V του ΦΒ στοιχείου που προκύπτει, όπου P είναι η ισχύς που αποδίδεται. Σε κατάσταση βραχυκύκλωσης του ΦΒ στοιχείου, η ένταση του ρεύματος παίρνει τη μέγιστή της τιμή Isc, ενώ η τάση μηδενίζεται. Σε κατάσταση ανοιχτοκύκλωσης του ΦΒ στοιχείου, η ένταση του ρεύματος μηδενίζεται, αλλά η τάση παίρνει τη μέγιστή της τιμή Voc. Επομένως, στη βραχυκυκλωμένη και στην ανοιχτοκυκλωμένη κατάσταση η ισχύς P του ΦΒ στοιχείου μηδενίζεται. Στο υπόλοιπο τμήμα της καμπύλης I-V, η ισχύς είναι μεγαλύτερη του μηδενός (αφού I > 0 και V > 0), επομένως υπάρχει ένα σημείο στη λειτουργία ενός ΦΒ στοιχείου στο οποίο η αποδιδόμενη ισχύς P μεγιστοποιείται. Η μέγιστη παραγόμενη ισχύς συμβολίζεται με Pm και αντιστοιχεί σε ένα ορισμένο ζεύγος τιμών τάσης Vm και έντασης Im (ιάγραμμα 3). Είναι πολύ σημαντικό η λειτουργία ενός ΦΒ συστήματος να βρίσκεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σημείο μέγιστης ισχύος (maximum power point – MPP) Pm, έτσι ώστε να μεγιστοποιείται η απόδοσή του.

Τα βασικά χαρακτηριστικά, τα οποία ελέγχονται σε ένα εργαστηριακά παρασκευασμένο ΦΒ στοιχείο καθώς επίσης και στο τελικά διατιθέμενο βιομηχανικό προϊόν, είναι η ενεργειακή απόδοση, η, ο παράγων πλήρωσης FF, το ρεύμα βραχυκύκλωσης Isc και η τάση ανοιχτού κυκλώματος Voc σε συγκεκριμένες συνθήκες φωτισμού (πυκνότητα ισχύος και φάσμα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας) και θερμοκρασίας του στοιχείου. Η γνώση των χαρακτηριστικών αυτών μεγεθών επιτρέπει τον έλεγχο της αποδοτικότητας του ΦΒ στοιχείου κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, που να αντιπροσωπεύουν τυπικές καταστάσεις εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας. Για το σκοπό αυτό, καθορίστηκαν διεθνώς οι ακόλουθες πρότυπες συνθήκες ελέγχου των χαρακτηριστικών ενός ΦΒ στοιχείου ή ΦΒ πλαισίου (Standard Test Conditions, STC) οι οποίες είναι :

• Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία δέσμης παραλλήλων ακτινών (Beam), πυκνότητας ισχύος ESTC=1kW/m2 και φάσματος αντίστοιχου του ηλιακού με AM1,5.

• Κάθετη πρόσπτωση της ακτινοβολίας στην όψη του ΦΒ στοιχείου.

• Θερμοκρασία του ΦΒ στοιχείου: θSTC=25oC ± 2oC

Με βάση τις πρότυπες συνθήκες, εισάγεται η έννοια της ισχύος αιχμής Pp (Peak Power) ως χαρακτηριστικό του ΦΒ του στοιχείου, η οποία είναι η μέγιστη ηλεκτρική ισχύς, που μπορεί να αποδώσει, κάτω από τις πρότυπες συνθήκες ελέγχου.
Σε κάθε ΦΒ πλαίσιο, εκτός των στοιχείων που αναφέρονται στις πρότυπες συνθήκες ελέγχου, αναγράφεται η θερμοκρασία, την οποία αποκτά το ΦΒ πλαίσιο ευρισκόμενο σε καθορισμένες συνθήκες περιβάλλοντος, που προσεγγίζουν μια μέση πραγματική κατάσταση. Αντιπροσωπευτική περιοχή των θερμοκρασιών αυτών είναι οι 45oC έως 50oC. Η θερμοκρασιακή αυτή περιοχή, αφορά προσεγγιστικά, τη μέση θερμοκρασιακή κατάσταση του υλικού του ΦΒ στοιχείου του πλαισίου, στο χρονικό διάστημα 2-3 ώρες πριν και μετά το μεσημέρι μιας αίθριας καλοκαιρινής μέρας, σε μέσα γεωγραφικά πλάτη. Χαρακτηρίζεται ως ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας ΦΒ κυψελίδας (Nominal Operating Cell Temperature, NOCT), και προσδιορίζεται κάτω από τις επόμενες συνθήκες:

- Το ΦΒ πλαίσιο βρίσκεται σε κατάσταση ανοιχτού κυκλώματος.
- Η πυκνότητα ισχύος ηλιακής ακτινοβολίας ίση με 800 W/m2 .
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος αέρα θα=20oC.
- Μέση ταχύτητα ανέμου ίση με 1 m/s.

Όταν το ΦΒ πλαίσιο παρέχει ηλεκτρικό ρεύμα σε φόρτο, σε συνθήκες ακτινοβολίας, θερμοκρασίας αέρα και ταχύτητας ανέμου, αυτές της κατάστασης NOCT, τότε η θερμοκρασία του, θc είναι κατά (~3oC) , σε σχέση με αυτή που αντιστοιχεί σε κατάσταση ανοιχτού κυκλώματος (λόγω διατήρησης ενέργειας). Χαμηλή ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας ΦΒ κυψελίδας, αποτελεί ένδειξη ταχύτερης αποβολής προς το περιβάλλον, του μέρους εκείνου της ηλιακής ακτινοβολίας, που συμβάλει ουσιαστικά στην αύξηση της θερμοκρασίας του. Συνεπώς, όσο μικρότερη η τιμή της για ένα πλαίσιο, τόσο μικρότερη η μείωση της παρεχόμενης ηλεκτρικής ισχύος σε σχέση με άλλο, ίδιας ισχύος αιχμής, του οποίου, όμως, η θερμοκρασία NOCT είναι μεγαλύτερη. Η πραγματική αποδοτικότητα μιας ΦΒ εγκατάστασης υπολογίζεται μέσω του συντελεστή χρησιμοποίησης (ΣΧ). Ο ετήσιος ΣΧ διαιρεί την ενέργεια που παράγει η ΦΒ εγκατάσταση σε ένα χρόνο με την ενέργεια που θα παρήγαγε θεωρητικά η ΦΒ εγκατάσταση εάν λειτουργούσε στην ισχύ αιχμής για όλες τις ώρες του έτους. Ο ΣΧ είναι αδιάστατος αριθμός και εξαρτάται από το ηλιακό δυναμικό της τοποθεσίας, και από τον τύπο και τρόπο στήριξης των ΦΒ.

3.2.4 Τρόποι Σύνδεσης ΦΒ Συλλεκτών

Τα ΦΒ πλαίσια μπορούν να συνδεθούν σε σειρά ή παράλληλα, ανάλογα με τους επιδιωκόμενους σκοπούς. Μερικά ΦΒ πλαίσια συναρμολογημένα σε ένα μεταλλικό πλαίσιο με καλωδιώσεις που απολήγουν σε ηλεκτρολογικό κιβώτιο ως ενιαία κατασκευή, έτοιμη για εγκατάσταση, με δυνατότητα εύκολης αφαίρεσης, μεταφοράς ή επέμβασης στα επιμέρους ΦΒ πλαίσια, ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες μονάδες λέγονται ΦΒ panel, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Ο συνδυασμός πολλών ΦΒ πλαισίων, καλωδιωμένων μεταξύ τους, σε σειρά ή παράλληλα, σε μια επίπεδη συνήθως επιφάνεια, σταθερή ή περιστρεφόμενη με αντίστοιχο κεντρικό ηλεκτρολογικό κιβώτιο, αποτελεί την ΦΒ συστοιχία. Τα ΦΒ πλαίσια συνδέονται κατά κλάδους. Κάθε κλάδος αποτελείται από ΦΒ στοιχεία συνδεμένα σε σειρά. Οι ισοδύναμοι κλάδοι συνδέονται παράλληλα μεταξύ τους. Η σύνδεση σε σειρά αυξάνει την ολική τάση ενώ η παράλληλη σύνδεση το ολικό ρεύμα.
Τα ΦΒ πλαίσια σε συστοιχία συνδυάζονται έτσι ώστε η μεταφορά της ΦΒ ηλεκτρικής ενέργειας να γίνεται με τις μικρότερες δυνατές απώλειες στη γραμμή μεταφοράς δηλαδή με χαμηλό ρεύμα και αντίστοιχα μεγάλη ηλεκτρική τάση μέσα στα επιτρεπτά όρια (600V). Προκειμένου να προσαρμοστεί η τάση της ΦΒ συστοιχίας στην τάση του δικτύου απαιτούνται ειδικές ηλεκτρονικές διατάξεις που ονομάζονται μετατροπείς (inverters). Ένα συνεργαζόμενο σύνολο ΦΒ συστοιχιών αποτελούν ένα ΦΒ συγκρότημα ή ΦΒ Πάρκο, το οποίο μαζί με όλες εκείνες τις διατάξεις που απαιτούνται για τη μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο, τον έλεγχο της φόρτισης των συσσωρευτών (αν υπάρχουν), για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος επαρκούς για την τροφοδοσία οικίας, οικισμών ή χωριών, αποτελούν το ΦΒ σταθμό (PV station).

3.2.5 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Αξιοποίησης Φωτοβολταϊκών για Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας

Πλεονεκτήματα

Δύο είναι τα βασικά πλεονεκτήματα, η ανάγκη σε ενέργεια και η ανάγκη να προστατευτεί το περιβάλλον. Κάθε κιλοβατώρα ηλεκτρισμού που προμηθευόμαστε από το δίκτυο και παράγεται από ορυκτά καύσιμα, επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με ένα τουλάχιστον κιλό διοξειδίου του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι, ως γνωστόν, το σημαντικότερο "αέριο του θερμοκηπίου" που συμβάλλει στις επικίνδυνες κλιματικές αλλαγές. Η στροφή στις καθαρές πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή, αποτελεί τη μόνη διέξοδο για την αποτροπή των κλιματικών αλλαγών που απειλούν σήμερα τον πλανήτη. Επιπλέον, η χρήση της ηλιακής ενέργειας συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα καρκινογόνα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κλπ). Οι ρύποι αυτοί επιφέρουν σοβαρές βλάβες στην υγεία και το περιβάλλον.

Όλα τα φωτοβολταϊκά πάντως μοιράζονται τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- μηδενική ρύπανση
- αθόρυβη λειτουργία
- αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (που ξεπερνά τα 30 χρόνια)
- απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές
- δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες
- ελάχιστη συντήρηση

Επιπλέον τα φωτοβολταϊκά συνεπάγονται σημαντικά οφέλη για το περιβάλλον και την κοινωνία:

- Οφέλη για τον καταναλωτή, για τις αγορές ενέργειας και για τη βιώσιμη ανάπτυξη.
- Η ηλιακή ενέργεια είναι καθαρή, ανεξάντλητη, ήπια και ανανεώσιμη.
- Η ηλιακή ακτινοβολία δεν ελέγχεται από κανέναν και αποτελεί ένα ανεξάντλητο εγχώριο ενεργειακό πόρο, που παρέχει ανεξαρτησία και ασφάλεια στην ενεργειακή τροφοδοσία.
- Τα φωτοβολταϊκά, τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρικό ρεύμα, θεωρούνται τα ιδανικά συστήματα ενεργειακής μετατροπής καθώς χρησιμοποιούν την πλέον διαθέσιμη πηγή ενέργειας στον πλανήτη και παράγουν ηλεκτρισμό, που αποτελεί την πιο χρήσιμη μορφή ενέργειας.
- Τα φωτοβολταϊκά παρέχουν τον απόλυτο έλεγχο στον καταναλωτή και άμεση πρόσβαση στα στοιχεία που αφορούν την παραγόμενη και καταναλισκόμενη ενέργεια. Τον καθιστούν έτσι πιο προσεκτικό στον τρόπο που καταναλώνει την ενέργεια και συμβάλλουν μ' αυτό τον τρόπο στην ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση της ενέργειας.
- Δεδομένου ότι η παραγωγή και κατανάλωση του ηλιακού ηλεκτρισμού γίνονται τοπικά, αποφεύγονται οι σημαντικές απώλειες της μεταφοράς και διανομής του ηλεκτρισμού και κατ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 10% σε σχέση με τη συμβατική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του δικτύου. Τα ηλιακά φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν αθόρυβη λειτουργία, αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής, δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες και απαιτούν ελάχιστη συντήρηση.
- Τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών είναι αδιαμφισβήτητα. Κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από φωτοβολταϊκά, και άρα όχι από συμβατικά καύσιμα, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης ενός περίπου κιλού διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (με βάση το σημερινό ενεργειακό μείγμα στην Ελλάδα και τις μέσες απώλειες του δικτύου**).** Ένα kW φωτοβολταϊκών αποτρέπει κάθε χρόνο την έκλυση 1,3 τόνων διοξειδίου του άνθρακα (CO_2). Χρειάζονται 2 στρέμματα δάσους ή περίπου 100 δέντρα για να απορροφήσουν αυτή την ποσότητα CO_2. Για να παραχθεί η ίδια ηλεκτρική ενέργεια με πετρέλαιο, απαιτούνται 2,2 βαρέλια πετρελαίου κάθε χρόνο. Από περιβαλλοντική άποψη, αποφεύγοντας 1.300 κιλά CO_2 ετησίως είναι σαν να κάνει ένα μέσο αυτοκίνητο 7.000 χιλιόμετρα λιγότερα κάθε χρόνο. Επιπλέον, η υποκατάσταση ρυπογόνων

καυσίμων από φωτοβολταϊκά συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κλπ). Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πυροδοτούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και αλλάζουν το κλίμα της Γης, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον.

- Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο είναι εξαιρετικά προβλέψιμη. Αυτό που ενδιαφέρει, είναι πόσες κιλοβατώρες θα μας δώσει το σύστημά μας σε ετήσια βάση. Σε γενικές γραμμές, ένα φωτοβολταϊκό σύστημα στην Ελλάδα παράγει κατά μέσο όρο ετησίως περί τις 1.150- 1.500 κιλοβατώρες ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ (kWh/έτος/kWp). Προφανώς στις νότιες και πιο ηλιόλουστες περιοχές της χώρας ένα φωτοβολταϊκό παράγει περισσότερο ηλιακό ηλεκτρισμό απ' ότι στις βόρειες.

Μειονεκτήματα

Τα βασικότερα μειονεκτήματα των φωτοβολταϊκών είναι τα ακόλουθα:

- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια της γης. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται μέχρι τώρα σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.
- Επιπλέον, για τον παραπάνω λόγο τα ΦΒ δεν μπορούν προς το παρόν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- Η παροχή και απόδοση της ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.

3.3 Τρόποι Στήριξης Φωτοβολταϊκών Συλλεκτών (Βάσεις), Βέλτιστη Τοποθέτηση τους για Βέλτιστο Προσανατολισμό Συλλέκτη και Βέλτιστη Χωροθέτηση.

Αρχικά πρέπει να γίνει μία αναφορά στα είδη της ακτινοβολίας τα οποία είναι, η ολική ακτινοβολία, η απευθείας ακτινοβολία, η διάχυτη ακτινοβολία και η διάχυτα ανακυκλωμένη ακτινοβολία.

Κατά τη διέλευση των ηλιακών ακτινών από τη γήινη ατμόσφαιρα, η ένταση τους ελαττώνεται, καθώς τα φωτόνια σκεδάζονται αφενός στα μόρια της ατμόσφαιρας και στα πολύ μικρής διαμέτρου σωματίδια, αφετέρου στα μεγαλύτερης διαμέτρου αιωρήματά της, δηλαδή τους υδρατμούς, τη σκόνη και τον καπνό.

Ένα άλλο μέρος της ακτινοβολίας απορροφάται από ορισμένα συστατικά της ατμόσφαιρας. Για παράδειγμα, η υπεριώδης ακτινοβολία απορροφάται από τα μόρια του όζοντος, στα ανώτερα στρώματα της κύριας μάζας της ατμόσφαιρας, έτσι ώστε η ένταση των ακτινών αυτών στην επιφάνεια της γης να είναι εξαιρετικά μειωμένη και η καρκινογόνος δράση της αρκετά περιορισμένη, ενώ μέρος της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας φτάνει στην επιφάνεια της γης.

Ομοίως απορροφούν οι υδρατμοί το CO2 , τα οξείδια του αζώτου και άλλα, σε άλλες περιοχές του φάσματος. Συνεπώς σε κάθε τόπο της επιφάνειας της γης φτάνουν δύο συνιστώσες ηλιακού φωτός. Η απευθείας ή άμεση, και η σκεδαζόμενη στα μόρια του αέρα η οποία ονομάζεται διάχυτη. Η διάχυτη ακτινοβολία σε οριζόντια επιφάνεια, προέρχεται από όλο τον ουράνιο θόλο (πάνω από το φυσικό ορίζοντα). Γενικά λοιπόν η προσπίπτουσα ακτινοβολία σε ένα συλλέκτη ή ένα αισθητήρα αποτελείται από την απευθείας, τη διάχυτη και τη διάχυτα ανακλώμενη από το έδαφος. Η συνολική αυτή ακτινοβολία αναφέρεται ως ολική ακτινοβολία σε κεκλιμένο ή οριζόντιο συλλέκτη.

Η **διάχυτα ανακλώμενη** εξαρτάται από τη μορφολογία και το χρώμα του εδάφους ή της επικάλυψής του και την πυκνότητα των νεφών, ενώ η ολική, απευθείας και διάχυτη εξαρτώνται, σε γενικές γραμμές από τους επόμενους παράγοντες. Τη σύσταση ή κατάσταση της ατμόσφαιρας, τη δεδομένη χρονική στιγμή (υγρασία και γενικά τα αιωρήματα της ατμόσφαιρας), την ημέρα κατά τη διάρκεια του έτους, τη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών στη συλλεκτική επιφάνεια, η οποία μεταβάλλεται καθώς αλλάζει το ύψος του ήλιου

κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Η **απευθείας ακτινοβολία** μπορεί να διακριθεί από τη διάχυτη, με βάση το οπτικό αποτέλεσμά της διέλευσής τους από συγκεντρωτικό φακό ή την ανάκλαση τους σε κοίλο κάτοπτρο. Η πρώτη συγκλίνει και σχηματίζει το είδωλο του ήλιου και μάλιστα εξαιτίας της μεγάλης απόστασής του από το οπτικό όργανο, το είδωλο του σχηματίζεται πρακτικά πάνω στην εστία του οπτικού οργάνου.

Αντίθετα η **διάχυτη ακτινοβολία** προερχόμενη από όλο τον ουρανό δεν εστιάζεται και συνεπώς δεν δίνει είδωλο. Με βάση τις ωριαίες τιμές προκύπτουν οι ημερήσιες μέσες τιμές, οι μηνιαίες μέσες τιμές των μεγεθών αυτών καθώς και οι ετήσιες μέσες τιμές. Προκειμένου τα αποτελέσματα αυτά να αξιοποιηθούν σε ενεργειακούς υπολογισμούς, συλλέγονται επί σειρά πολλών ετών, η επεξεργασία των οποίων δίνει το Τυπικό Μετεωρολογικό Έτος για τον αντίστοιχο τόπο. Συνήθως δεν διατίθενται αναλυτικές μετρήσεις της πυκνότητας ισχύος της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε κάθε θέση και πολύ περισσότερο μετρήσεις σε διάφορες γωνίες κλίσης του συλλέκτη. Έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι (αναλυτικές και αριθμητικές) για την αναγωγή των μετρήσεων της πυκνότητας ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο αισθητήρα σε τιμές που θα κατέγραφε ο ίδιος ο αισθητήρας, προσανατολισμένος παράλληλα προς το επίπεδο του κεκλιμένου συλλέκτη.

Όσον αφορά στο μέγεθος της διάχυτα ανακλώμενης ακτινοβολίας, που προσπίπτει στην επιφάνεια ενός συλλέκτη ή αισθητήρα αυτό καθορίζεται από τη φύση της επιφάνειας που ανακλά διάχυτα. Το φως ανακλάται στα σύννεφα, στο γυμνό έδαφος στα φυτά, στο χιόνι, στο νερό, στις κατασκευές του ανθρώπου και άλλα. Η διάχυτη ανακλαστικότητα δηλαδή το ποσοστό της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας από την επιφάνεια της γης και ότι την καλύπτει, αναφέρεται ως albedo.

Η πυκνότητα ισχύος της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας κάθετα στην επιφάνεια συλλογής που αντιστοιχεί σε AM1(Air mass 1) έχει τυπική τιμή ~950W ανά m2. Η AM1 μπορεί να μετρηθεί σε τόπους με γ. π. μεταξύ τιμών -23,5ο και 23,5ο διότι μόνο σε αυτούς οι ηλιακές ακτίνες μπορούν να διαπεράσουν κάθετα την ατμόσφαιρα δύο φορές μέσα στο έτος. Καθώς το ύψος του ήλιου δηλαδή η γωνία των ακτινών του σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο του τόπου, αλλάζει, οι ακτίνες του διανύουν διαφορετικό μήκος μέσα στην ατμόσφαιρα. Ο λόγος του μήκους της διαδρομής των ηλιακών ακτινών μέσα στην ατμόσφαιρα σε σχέση με το πάχος της ατμόσφαιρας προσδιορίζει τον αριθμό που τίθεται μετά τα ακρωνύμια Α,Μ των λέξεων Air Mass. ηλαδή αν ο παραπάνω λόγος είναι 1,5 τότε το δεδομένο αυτό γράφεται AM 1,5. Καθορίζει ουσιαστικά την ελάττωση της έντασης του φωτός που προκαλείται από τον μεγαλύτερο δρόμο που διανύουν σε αυτή την περίπτωση, οι ακτίνες του ήλιου μέσα στην ατμόσφαιρα. Όπως είναι φανερό, η παραπάνω τιμή εξαρτάται από τη ζενιθία γωνία μεταξύ των ηλιακών ακτινών και της κατεύθυνσης του Ζενίθ του τόπου.

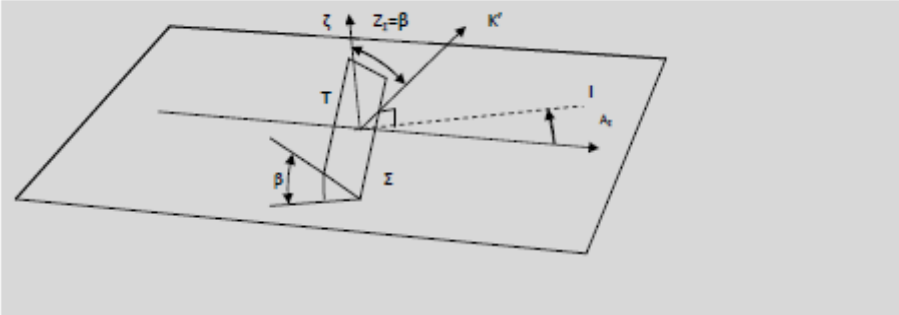
3.3.1 Στοιχεία Προσδιορισμού του Προσανατολισμού ενός Συλλέκτη

Σημαντικό ρόλο, στην αποδοτικότερη συλλογή ηλιακής ακτινοβολίας από ένα συλλέκτη, παίζει ο προσανατολισμός του ως προς τον ηλιακό νότο, ο οποίος αντιστοιχεί στη στιγμή που ο ήλιος βρίσκεται στο μεσημβρινό του συγκεκριμένου τόπου. Κάθε τόπος πάνω στην επιφάνεια της γης προσδιορίζεται από τις σφαιρικές συντεταγμένες του:

- Το γεωγραφικό μήκος, (L) που καθορίζεται από το τόξο, πάνω στον Ισημερινό ή σε άλλο παράλληλο, με αναφορά το μεσημβρινό του Greenwich (MG). Οι τιμές που λαμβάνει είναι από 0-180ο Ανατολικά (σε αλγεβρική μορφή με θετικό πρόσημο) και από 0-180ο υτικά (σε αλγεβρική μορφή με αρνητικό πρόσημο).
- Το γεωγραφικό πλάτος (φ) που καθορίζεται από το τόξο πάνω στον μεσημβρινό του τόπου ΜΤ, με αναφορά τον Ισημερινό. Οι τιμές που λαμβάνει είναι 0-90ο Βόρεια (σε αλγεβρική μορφή με θετικό πρόσημο) και 0-90ο Νότια (σε αλγεβρική μορφή με αρνητικό πρόσημο).

Στην εικόνα 3-8 παρουσιάζεται ένας επίπεδος συλλέκτης Σ, τοποθετημένος έτσι ώστε το επίπεδο του να σχηματίζει γωνία β ως προς τον ορίζοντα. Η γωνία κλίσης του συλλέκτη β ισούται με τη ζενιθία γωνία zΣ της καθέτου στο επίπεδο του συλλέκτη (ΤΚ’) η οποία μπορεί να πάρει τιμές από 0ο (ζενίθ) έως 180ο

(ναδίρ). Η γωνία ΑΣ μεταξύ της κατακόρυφης προβολής ΤΙ, της καθέτου στο συλλέκτη ΤΚ' πάνω στο οριζόντιο επίπεδο με τη διεύθυνση του νότου ονομάζεται αζιμούθιο ή αζιμουθιακή γωνία του συλλέκτη και παίρνει τιμές από +180ο μέχρι -180ο, με τις ακόλουθες χαρακτηριστικές τιμές: +180ο (βορράς), +90ο (Ανατολή), 0ο (Νότος), -90ο (ύση) και -180ο (Βορράς). Όταν ο συλλέκτης στραφεί ώστε οι ακτίνες του ήλιου (απευθείας ακτινοβολία), να προσπίπτουν κάθετα στην επιφάνειά του, τότε το ύψος του ήλιου EL και η γωνία κλίσης β, του συλλέκτη δίδουν άθροισμα 90ο.

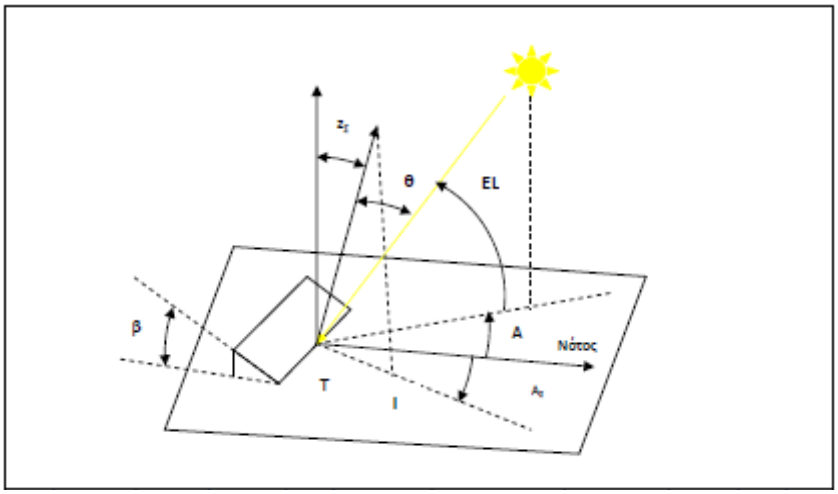


Εικόνα 3-8: Αζιμούθιο (ΑΣ) και γωνία κλίσης (β) του συλλέκτη Σ.

Η στροφή του συλλέκτη, ώστε αυτός να παρακολουθεί ανά πάσα στιγμή τον ήλιο, γίνεται με μηχανισμούς οι οποίοι οδηγούνται από κατάλληλες ηλεκτρονικές διατάξεις με βάση τις εξισώσεις κίνησης του ηλίου στην ουράνια σφαίρα. Η γωνία θ που σχηματίζουν μια δεδομένη χρονική στιγμή οι ηλιακές ακτίνες (απευθείας ακτινοβολία), με την κάθετη σ' ένα επίπεδο συλλέκτη (εικόνα 3-9) γωνίας κλίσης β και αζιμουθιακής γωνίας ΑΣ, δίδεται από τη σχέση:

συνθ=συνEL×ημβ×συν(A-AΣ)+ημEL×συνβ (3.7)

όπου Α, η αζιμούθια γωνία και EL το ύψος του ηλίου την ίδια χρονική στιγμή.



Εικόνα 3-9: γωνία θ, μεταξύ των ακτινών του ήλιου και της κάθετης ΤΚ' στο συλλέκτη,

Η γωνία θ, μεταξύ των ακτινών του ήλιου και της κάθετης ΤΚ' στο συλλέκτη, μια δεδομένη χρονική στιγμή, καθορίζεται από τον προσανατολισμό του συλλέκτη (Αζιμούθιο ΑΣ και γωνία κλίσης β) και τις σφαιρικές συντεταγμένες της θέσης του ήλιου ως προς το σύστημα του παρατηρητή, στον τόπο Τα δηλαδή το αζιμούθιο Α και
το ύψος του EL.

3.3.2 Προσανατολισμός Συλλέκτη ως προς τον Αληθή Νότο

Βασικά στοιχεία καθορισμού του προσανατολισμού ενός συλλέκτη είναι η γωνία κλίσης και το αζιμούθιό του, μετρούμενο ως προς την κατεύθυνση του Νότου. Η κατεύθυνση αυτή χαρακτηρίζεται από τη μέγιστη τιμή της απευθείας ηλιακής ακτινοβολίας, κατά τη διάρκεια μιας αίθριας ημέρας. Ο προσδιορισμός της αληθούς διεύθυνσης Βορρά-Νότου μπορεί να γίνει είτε με τη βοήθεια σχετικών οργάνων, όπως είναι η ***μαγνητική και η γυροσκοπική πυξίδα*** είτε με προσδιορισμό της χρονικής στιγμής του ***ηλιακού μεσημεριού***, με τη μέθοδο που θα περιγραφεί στη συνέχεια. Η χρησιμοποίηση της πυξίδας προϋποθέτει τη γνώση της μαγνητικής απόκλισης για τον δεδομένο τόπο, με βάση στοιχεία από σχετικούς πίνακες ή χάρτες. Για τον ακριβή προσδιορισμό των γωνιών χρησιμοποιούνται γωνιομετρικά όργανα ακριβείας, όπως ο θεοδόλιχος ή το ταχύμετρο, σε συνδυασμό με την πυξίδα.

Η μέθοδος προσδιορισμού της κατεύθυνσης του αληθούς Νότου σ' ένα τόπο, με βάση το **ηλιακό μεσημέρι** βασίζεται στον προσδιορισμό της διεύθυνσης της σκιάς που δημιουργεί μια κατακόρυφη, λεπτή ράβδος, σε οριζόντιο επίπεδο, τη στιγμή που ο ήλιος βρίσκεται στο ψηλότερο σημείο της φαινόμενης ημερήσιας τροχιάς του. Ο καθορισμός της κατάστασης αυτής απαιτεί γνώση, της αντίστοιχης χρονικής στιγμής, με βάση τον τοπικό χρόνο, όπως τον δείχνει ένα ρολόι (Επίσημος ή Πολιτικός χρόνος). Για να προσδιοριστεί η χρονική στιγμή του ηλιακού μεσημεριού, με βάση τον επίσημο χρόνο, απαιτούνται:

- Η ζώνη πολιτικού χρόνου και το γεωγραφικό μήκος του τόπου
- Η χρονική διόρθωση με βάση την εξίσωση του χρόνου, για τη συγκεκριμένη ημέρα του έτους.

3.3.3 Απόσταση μεταξύ διαδοχικών συστοιχιών φωτοβολταϊκού συγκροτήματος

3.3.3.1 Οριζόντιο Επίπεδο

Η τοποθέτηση των συστοιχιών ενός ΦΒ σταθμού, η μία πίσω από την άλλη, γίνεται λαμβάνοντας υπόψη κατά κύριο λόγο τη σκίαση που θα προκαλέσει η νοτιότερη στην αμέσως επόμενη , αν η απόσταση μεταξύ τους γίνει μικρότερη μιας χαρακτηριστικής. Η σκίαση μέρους της χαμηλότερης σειράς ΦΒ πλαισίων της συστοιχίας μηδενίζει την ενεργειακή της απόδοση, στην περίπτωση που δεν χρησιμοποιηθούν δίοδοι παράκαμψης σε κάθε ΦΒ πλαίσιο. Άρα απαιτείται ο προσεκτικός σχεδιασμός της χωροθέτησης των συστοιχιών, προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η ημερήσια ενεργειακή απολαβή από το ΦΒ συγκρότημα για όλο το έτος ενώ ταυτόχρονα το σύνολο των συστοιχιών να καταλαμβάνει κατά το δυνατόν μικρότερη έκταση.
Για να προσδιοριστεί κατά γενικό τρόπο η βέλτιστη απόσταση μεταξύ των συστοιχιών διερευνάται στη συνέχεια ποια είναι η κατάλληλη τιμή της απόστασης αυτής ώστε παρότι κάποιο χρονικό διάστημα μετά την ανατολή και αντίστοιχο πριν τη δύση, η πίσω συστοιχία σκιάζεται από την αμέσως νοτιότερη, το ποσοστό μείωσης της ημερήσιας ενεργειακής απολαβής της ηλιακής ακτινοβολίας ή της αποδιδόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ημερησίως να μην ξεπερνάει δεδομένη τιμή, π.χ. 5%-10%. Η τοποθέτηση των διαδοχικών συστοιχιών σε απόσταση τη μια με την άλλη ίση με το μήκος της μακρύτερης μεσημεριανής σκιάς μέσα στο έτος (22 εκεμβρίου) δεν είναι η ενδεδειγμένη. Η λύση αυτή είναι ενεργειακά ασύμφορη διότι πριν και μετά το μεσημέρι αυτό και για πολλές μέρες πριν και μετά τη μέρα αυτή η σκιά μιας συστοιχίας καλύπτει μέρος της επόμενης, περιορίζοντας σημαντικά την αποδοτικότητά της (οριζόντια επιφάνεια).

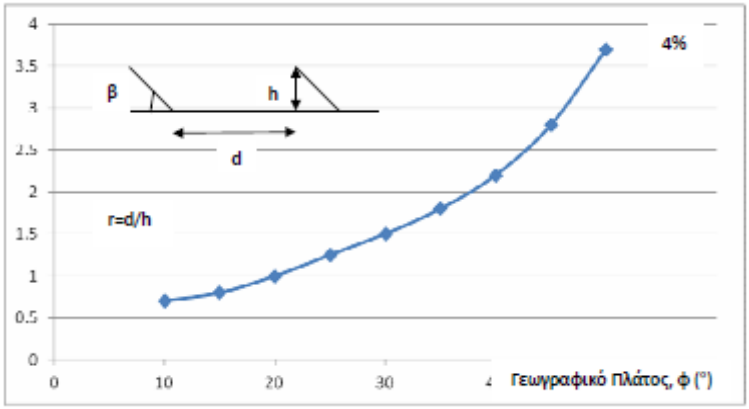
Μετά το θερινό ηλιοστάσιο (21 Ιουνίου), το ύψος του ήλιου μειώνεται και άρα στις ίδιες ώρες, κάθε επόμενη μέρα, το μήκος της σκιάς πίσω από αντικείμενα είναι μεγαλύτερο. Αν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια σε κάθε πανέλο ΦΒ συστοιχίας είναι συνδεμένα σε σειρά, η σκίαση του χαμηλότερου από αυτά από τις νοτιότερες συστοιχίες κατά τις πρώτες πρωινές ώρες και τις τελευταίες απογεματινές ώρες της ημέρας κατά το χειμώνα προκαλεί διακοπή της λειτουργίας όλου του πανέλου και πιθανόν όλης της συστοιχίας. Προκειμένου να περιοριστεί το αποτέλεσμα αυτό συνδέεται σε καθένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο της συστοιχίας μια δίοδος παράκαμψης, η οποία, συνήθως περιλαμβάνεται στο ηλεκτρολογικό κιβώτιο του ΦΒ πλαισίου. Με αυτό τον τρόπο ελαχιστοποιείται το ετήσιο ποσοστό μείωσης της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας λόγω σκίασης της ΦΒ συστοιχίας από την αμέσως νοτιότερη της. Την 22 εκεμβρίου, η μη εκμεταλλεύσιμη ΦΒ ενέργεια

ημερησίως, παίρνει τη μέγιστη τιμή της. Στη συνέχεια η ενεργειακή απώλεια ελαττώνεται σταδιακά, στο επίπεδο των απωλειών της διάχυτης ακτινοβολίας.

Γενικά η παρουσία εμποδίων κοντά στο χώρο εγκατάστασης των ΦΒ συστημάτων μειώνει την αποδοτικότητά τους, εξαιτίας της προκαλούμενης σκίασής τους. Προκειμένου να προσδιοριστούν οι λεπτομέρειες της χωροθέτησης διαδοχικών ΦΒ συστοιχιών, οι οποίες θεωρούνται απείρου μήκους, εξετάζεται το αποτέλεσμα της σκίασης μιας συστοιχίας από την αμέσως νοτιότερή της. Το αποτέλεσμα της σκίασης συναρτάται με το λόγο r=d/h, της απόστασης d μεταξύ των συστοιχιών, ως προς το ύψος τους h. Με βάση αναλυτικό μαθηματικό μοντέλο, προσδιορίζεται για αίθριες μέρες και για όλο το έτος, η αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύς από διαδοχικά ΦΒ πλαίσια τοποθετημένα επί της κεκλιμένης συστοιχίας, κατά τη διεύθυνση βορρά-νότου. Όπως είναι αναμενόμενο, το αποτέλεσμα της σκίασης είναι εντονότερο στο χαμηλότερο ΦΒ πλαίσιο και μειώνεται προς το πιο ψηλά τοποθετημένο. Διερευνάται η εξάρτηση του λόγου r από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, υπό δεδομένη μέγιστη απώλεια λόγω σκίασης, κατά το χειμερινό ηλιοστάσιο.

Τέλος υπολογίζεται η αντίστοιχη με το λόγο r, μέση ετησίως ποσοστιαία ενεργειακή απώλεια. Όπως προκύπτει από τη μελέτη αυτή αυξανόμενου του γεωγραφικού πλάτους, ο λόγος r αυξάνει έντονα, και συνακόλουθα, μειώνεται και το πλήθος των συστοιχιών που μπορούν να τοποθετηθούν ανά μονάδα μήκους, κατά τη διεύθυνση βορρά-νότου στον αντίστοιχο τόπο.

Το διάγραμμα που ακολουθεί δίνει τη δυνατότητα να προσδιορίσουμε για κάθε τόπο, τον κατάλληλο λόγο r, με βάση το μέσο ετήσιο ποσοστό ενεργειακών απωλειών λόγω της σκίασης ,που λαμβάνεται υπόψη στα πλαίσια της μελέτης διαστασιολόγησης του ΦΒ συστήματος. Για παράδειγμα, για το Ηράκλειο Κρήτης(φ=35,5ο), ο λόγος r από το διάγραμμα 4 για ποσοστό ετήσιων απωλειών ηλεκτρικής ενέργειας 4%,προκύπτει περίπου 2.



Διάγραμμα 3-4: Γραφική παράσταση του λόγου r, του διάκενου d μεταξύ των συστοιχιών προς το ύψος τους h, σε συνάρτηση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Η καμπύλη αφορά σε μέσο ετήσιο ποσοστό απωλειών ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΦΒ συστοιχία, λόγω σκίασης της από την παρουσία της αμέσως νοτιότερης της, 2,5 %, 4% και 7%.

Με καθορισμένο το λόγο r για το συγκεκριμένο τόπο η οριζόντια απόσταση sοε (οριζόντιο έδαφος) που αποτελεί την επαναλαμβανόμενη απόσταση τοποθέτησης των συστοιχιών απείρου μήκους δίνεται:

Sοε= d+b×cosβ (3.2) ή Sοε=r×h+b×cosβ (3.7)
ή
Sοε/b = r×sinβ+cosβ

όπου d το διάκενο μεταξύ των συστοιχιών, b το πλάτος της συστοιχίας και β η γωνία κλίσης της.
Στην περίπτωση του Ηρακλείου, με φ=35,5ο προκύπτει από το διάγραμμα 4 r=2(ετήσιες απώλειες 4%) και άρα Sοε/b=2,2 περίπου.

3.3.3.2 Κεκλιμένο έδαφος

Ας θεωρήσουμε την περίπτωση τοποθέτησης της συστοιχίας σε κεκλιμένο έδαφος, με γωνία κλίσεως γ, η αντίστοιχη σχέση για την απόσταση διαδοχικών σειρών πάνω στο κεκλιμένο έδαφος, μπορεί να προκύψει από τη γεωμετρία των συστοιχιών σε οριζόντιο επίπεδο, αν θεωρήσουμε ότι η πίσω συστοιχία μετατοπίζεται παράλληλα προς αυτή κατά τη διεύθυνση της πλευράς ΒΓ, της γωνίας αορ. Η γωνία αυτή αποτελεί την αντίστοιχη της διέδρου μεταξύ του επιπέδου της σκιάς της άνω πλευράς της συστοιχίας και του οριζόντιου επιπέδου, πάνω στο μεσημβρινό του τόπου. ηλαδή αντιστοιχεί στο οριακό ύψος ηλίου,ELορ κάτω από το οποίο η πίσω συστοιχία σκιάζεται, σύμφωνα με το κριτήριο της μέγιστης ημερήσιας απώλειας.
Όπου:
tanαορ=1/r (3.8)
Γεωγραφικό Πλάτος, φ (ο), r=d/h, 4%, β h d

Βεβαίως στην περίπτωση που έχουμε κατωφέρεια προς το νότο (γ >0), το ποσοστό ενεργειακής απώλειας λόγω σκίασης για τους συλλέκτες στο κεκλιμένο έδαφος, είναι μικρότερο του αντίστοιχου ποσοστού, με βάση το οποίο καθορίστηκε η απόσταση των συλλεκτών σε οριζόντιο έδαφος.

Η απόσταση Sκε σε κεκλιμένο έδαφος, μεταξύ των διαδοχικών συστοιχιών προκύπτει με επίλυση του τριγώνου ΑΒΓ(εικόνα 10) και δίνεται:

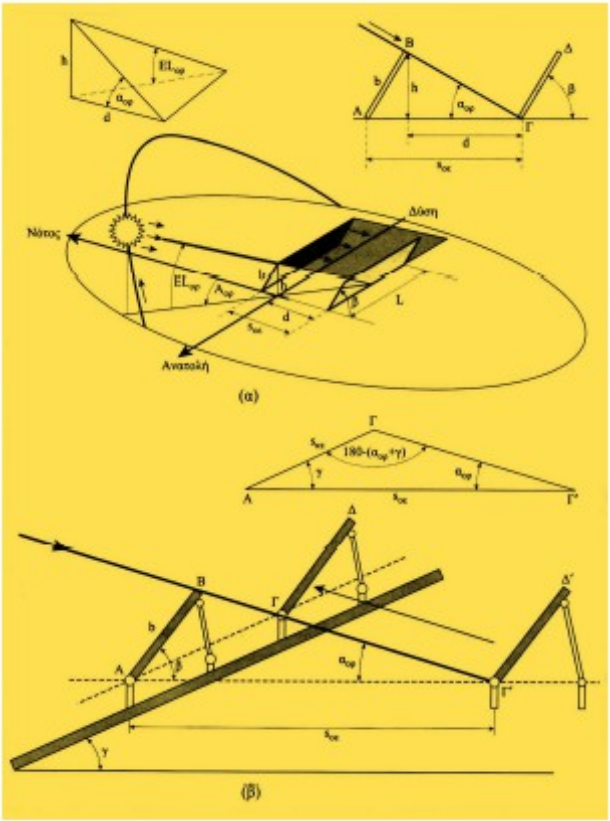
Sκε=Sοε×[sinαορ/sin(αορ+γ)] (3.9)
Ή
Sκε/b=(r×sinβ+cosβ)×[sinαορ/sin(αορ+γ)] (3.10)

Η γωνία κλίσης λαμβάνεται θετική για κατωφέρεια προς το νότο και αρνητική για ανωφέρεια. Στην περίπτωση εγκατάστασης ΦΒ σε πολύ κεκλιμένο έδαφος, με γ>0, λαμβάνεται πρόνοια ώστε το διάκενο μεταξύ των συστοιχιών να επιτρέπει την ευχερή πρόσβαση σε αυτές ,για εργασίες εγκατάστασης και συντήρησής τους. Στην περίπτωση που η γωνία κλίσης της κεκλιμένης επιφάνειας ξεπερνά τη βέλτιστη γωνία κλίσης συλλεκτών για τη χειμερινή θέση (γ> βχ= φ+(10ο÷15ο)), τότε οι ΦΒ συστοιχίες τοποθετούνται αναγκαστικά παράλληλα με τη κεκλιμένη επιφάνεια.
Στην εικόνα 3-10 φαίνεται η ελάχιστη απόσταση, SOE και SKE για οριζόντιο και κεκλιμένο επίπεδο αντίστοιχα, πάνω στο έδαφος, επανάληψης διαδοχικών ΦΒ συστοιχιών, η μία πίσω από την άλλη, από το Νότο προς το Βορρά. Όπου (α) οριζόντιο έδαφος και (β) κεκλιμένο έδαφος.

3.3.4 Τρόποι Στήριξης Ηλιακών Συλλεκτών (Βάσεις).

Διακρίνουμε 4 κυρίως διαφορετικούς τρόπους στήριξης συλλεκτών:

- Σταθερής στήριξης
- Εποχικά ρυθμιζόμενης στήριξης
- Συνεχούς παρακολούθησης της θέσης του ήλιου (Ηλιοτρόπιο ή Tracker) γύρω από ένα άξονα
- Συνεχούς παρακολούθησης της θέσης του ήλιου (Ηλιοτρόπιο ή Tracker) γύρω από δύο άξονες



Εικόνα 3-10: Ελάχιστη απόσταση, πάνω στο έδαφος, επανάληψης διαδοχικών ΦΒ συστοιχιών, η μία πίσω από την άλλη, από το Νότο προς το Βορρά, SOE και SKE. Όπου (α) οριζόντιο έδαφος και (β) κεκλιμένο έδαφος.

3.3.4.1 Στήριξη του συλλέκτη με σταθερή γωνία κλίσης. Γωνία κλίσης για βέλτιστη ενεργειακή απολαβή συλλέκτη.

Η απουσία κινητών μερών κατά τη στήριξη της συστοιχίας με σταθερή κλίση, προσδίδει στη διάταξη επαρκή μηχανική αντοχή, ιδιαίτερα μάλιστα αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε περιοχές όπου επικρατούν ισχυροί άνεμοι. Στατικές συλλεκτικές επιφάνειες χρησιμοποιούνται επίσης ενσωματωμένες σε κτίρια.
Η πιο απλή περίπτωση είναι εκείνη κατά την οποία ο χώρος εγκατάστασης της συστοιχίας των συλλεκτών, δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, όλο το έτος. Κατά κανόνα επιλέγεται νότιος αζιμουθιακός προσανατολισμός για τη συστοιχία και γωνία κλίσης κοντά στο γεωγραφικό πλάτος του τόπου εγκατάστασης. Όταν η γωνία κλίσης ισούται ακριβώς με το γεωγραφικό πλάτος φ του τόπου, οι ακτίνες του ήλιου πέφτουν κάθετα στο συλλέκτη 2 φορές το χρόνο.Το μέγιστο ύψος του ήλιου, που συμβαίνει το ηλιακό μεσημέρι, ELM, μεταβάλλεται καθημερινά, από την ελάχιστη τιμή ELMελ=(90ο-φ)-23,5ο(22 εκεμβρίου), μέχρι την μέγιστη ELMμεγ=(90ο-φ)+23,5ο (21 Ιουνίου) και στη συνέχεια ελαττώνεται επανερχόμενο στη τιμή της 22ας εκεμβρίου. Αντίστοιχα, η γωνία των ακτινών του ήλιου κατά τη μεσουράνησή του, ως προς την κάθετη στην επιφάνεια του συλλέκτη, μεταβάλλεται από -23,5ο έως +23,5ο.

Σημαντικό ρόλο στον προσδιορισμό της βέλτιστης γωνίας συλλέκτη με σταθερή κλίση, παίζουν οι επικρατούσες στην περιοχή, μετεωρολογικές συνθήκες οι οποίες καθορίζουν τη σχέση μεταξύ των συνιστωσών της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας, σε διάφορες γωνίες κλίσης συλλέκτη. Συνήθως επειδή τέτοιες μετρήσεις δεν είναι διαθέσιμες, αρκούμαστε σε μετρήσεις σε οριζόντια τοποθετημένο αισθητήρα (πυρανόμετρο), για μια σειρά ετών, γι αυτή τη περιοχή. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν μετρήσεις που έχουν συλλεχθεί στην πλησιέστερη προς αυτή τη περιοχή, λαμβάνοντας υπόψη πιθανή διαφοροποίηση της διάχυτης ανακλαστικότητας του εδάφους (albeldo) του τόπου. Με βάση τις μετρήσεις αυτές και με χρήση κατάλληλων προγραμμάτων, προσδιορίζεται η ολική ακτινοβολία σε συλλέκτη, για κάθε γωνία κλίσης του συλλέκτη απ' όπου προκύπτει, προσεγγιστικά, η βέλτιστη γωνία κλίσης του, για τη συγκεκριμένη περιοχή. Ο πίνακας 1 περιέχει ενδεικτικές τιμές γωνιών κλίσης συλλεκτών σε διάφορα γεωγραφικά πλάτη .

Περιοχή τιμών γεωγραφικού πλάτους (φ) του τόπου	Ενδεικτικές τιμές γωνίας κλίσης συλλέκτη με νότιο προσανατολισμό για το βόρειο ημισφαίριο και αντιστοίχως βόρειο προσανατολισμό για το νότιο ημισφαίριο	
Μικρά γεωγραφικά πλάτη, γύρω από τον Ισημερινό, $\varphi \leq 20^0$	Ουσιαστικά 0^0.Στην πράξη συνίσταται μια μικρή γωνία κλίσης, 5^0-10^0, ώστε η ροή του νερού πλύσης ή της βροχής, να απομακρύνει τα σώματα που επικάθονται στην όψη του ΦΒ πλαισίου(σκόνη, φύλλα, περιττώματα πουλιών κ.α.)	
Μεσαία και μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, $\varphi > 20^0$	Σταθερή τοποθέτηση, απαίτηση για μέγιστη αποδοτικότητα ετησίως.	φ-($5^0 \div 10^0$)
	Σταθερή τοποθέτηση. Κύρια απαίτηση κατά τη χειμερινή περίοδο.	$\varphi+10^0$
	Ρυθμιζόμενη κλίση δύο θέσεων ετησίως. Θερινή	φ-($10^0 \div 15^0$)
	Χειμερινή	φ+($10^0 \div 15^0$)

Πίνακας 3-1: Ενδεικτικές τιμές γωνιών κλίσης συλλεκτών σε διάφορα γεωγραφικά πλάτη.

Αν δεν διατίθενται μετεωρολογικά δεδομένα για τον τόπο εγκατάστασης του ΦΒ συστήματος, ο οποίος έστω ότι δεν σκιάζεται από εμπόδια κατά τη διάρκεια της ημέρας, το ιδανικότερο είναι να επιλέξουμε γωνία κλίσης συλλέκτη ίση με β= φ-(5ο÷10ο). Πιθανότατα θα προσεγγίζει τη θέση καλύτερης δυνατής εκμετάλλευσης της ημερήσιας ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας ετησίως.
Τέλος, αν ο συλλέκτης πρέπει να εγκατασταθεί σε περιοχές με φυσικά εμπόδια, που τον σκιάζουν ορισμένη περίοδο της ημέρας, π.χ. δένδρα ή κτίρια, τότε ο συλλέκτης προσανατολίζεται έτσι ώστε να προκύπτει η βέλτιστη απόδοση. Κατά τη σύνταξη της σχετικής μελέτης, λαμβάνεται υπόψη, αφενός το τμήμα του ουρανού που αποκόπτεται από τα εμπόδια, αφετέρου το μικροκλίμα της περιοχής.

3.3.4.2 Στήριξη με δυνατότητα εποχικής ρύθμισης της κλίσης του συλλέκτη

Οι τυπικές θέσεις του συλλέκτη είναι δύο: Μια για το θερινό εξάμηνο (21 Μαρτίου- 22 Σεπτεμβρίου), με κλίση βθ ={φ-(10ο÷15ο)} και μια για το χειμερινό εξάμηνο (22 Σεπτεμβρίου-21 Μαρτίου), με κλίση βχ ={φ+(10ο÷15ο)}. Όπως και στην περίπτωση συλλέκτη σταθερής κλίσης όλο το έτος, έτσι στην περίπτωση επιλογής χειμερινής και θερινής θέσης, η επιλογή της βέλτιστης γωνίας για το συλλέκτη σε κάθε περίοδο, απαιτεί γνώση των τοπικών μετεωρολογικών συνθηκών (θερμοκρασίας-υγρασίας-ανέμου-ηλιοφάνειας) και της μορφολογίας και κάλυψης του εδάφους, που καθορίζει την διάχυτη ανακλαστικότητά του (albeldo).

3.3.4.3 Στήριξη με δυνατότητα στροφής του συλλέκτη γύρω από ένα άξονα

Η συστοιχία περιστρέφεται με κατάλληλο μηχανισμό, γύρω από ένα άξονα, στο τέλος δε της ημέρας, ο συλλέκτης επιστρέφει σε θέση αναμονής, συνήθως στο νοτιά. Το πρωί με την ανατολή του ηλίου, στρέφεται, έτσι ώστε ο ήλιος να αποδίδει το μέγιστο της διαθέσιμης ενέργειας.

Διακρίνονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

α) **Αζιμουθιακό ηλιοτρόπιο:** Η περιστροφή γίνεται ως προς κατακόρυφο άξονα έτσι ώστε ο ήλιος να βρίσκεται στο κατακόρυφο επίπεδο που περιέχει την κάθετη στο συλλέκτη, του οποίου η γωνία κλίσης παραμένει σταθερή κατά την ημερήσια κίνηση του.

β) **Ηλιοτρόπιο πολικού άξονα:** Η συστοιχία έχει τη δυνατότητα στροφής γύρω από άξονα χχ΄. Κατά τη διάρκεια του έτους , η γωνία μεταξύ των ακτινών του ήλιου και της κάθετης στο συλλέκτη, κυμαίνεται στο διάστημα -23,5 έως +23,5.

γ) **Ηλιοτρόπια οριζόντιου άξονα:** ιακρίνονται σε αυτά με οριζόντιο άξονα κατά τη διεύθυνση Ανατολής-ύσης (E-W) και σε εκείνα με άξονα κατά τη διεύθυνση βορρά νότου (N-S). Στη δεύτερη περίπτωση, συνήθως δίδεται μια μικρή γωνία κλίσης στον άξονα 5ο-10ο, με το χαμηλότερο σημείο προς το νότο.

Η περιστροφή του συλλέκτη μπορεί να βασίζεται στην αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας, με ή χωρίς τη χρήση ηλεκτρικών κινητήρων. Στην πρώτη περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί οπτικό σύστημα ανίχνευσης της θέσης του ήλιου, το οποίο όμως απαιτεί πρόσθετο έλεγχο και οδήγηση, προκειμένου να διασφαλιστεί η αξιοπιστία του. Στη δεύτερη περίπτωση , η κίνηση προκύπτει ως τροποποίηση της ισορροπίας πνευματικού συστήματος , εξαιτίας διαφορικής θέρμανσής του από τον ήλιο. Το σύστημα ενισχύεται από αποσβεστήρες δονήσεων προκειμένου να αντιμετωπίζεται η δράση ισχυρού ανέμου.

3.3.4.4 Στήριξη με δυνατότητα στροφής του συλλέκτη γύρω από δύο άξονες

Η παρακολούθηση του ήλιου με περιστροφή γύρω από δύο άξονες επιτυγχάνεται, μέσω δύο διαδοχικών κινήσεων του συλλέκτη, με ηλεκτρικούς κινητήρες- είτε βηματικούς είτε συνεχούς περιστροφής- με μειωτήρες και έλεγχο στροφών για τον προσανατολισμό του επιπέδου κάθετα στην απευθείας ηλιακή ακτινοβολία.
Ο προσδιορισμός των κατάλληλων γωνιών στροφής γίνεται με ειδικές διατάξεις (κωδικοποιητών), η λειτουργία των οποίων βασίζεται, είτε σε οπτική διάταξη καταμέτρησης οπών, είτε σε ηλεκτρικό ροοστάτη περιστροφικής λειτουργίας. Όμοιο μηχανικό σύστημα, σε πολύ μικρότερες διαστάσεις, χρησιμοποιείται για τη στροφή του πυρηλιομέτρου, οπτικού οργάνου παρακολούθησης του ηλίου και καταγραφής της πυκνότητας ισχύος της απευθείας ηλιακής ακτινοβολίας.
Η διάταξη που περιγράψαμε, ονομάζεται **ηλιοτρόπιο (tracker) δύο αξόνων** και χαρακτηρίζεται από την ιδιότητα ότι ο συλλέκτης προσανατολίζεται συνεχώς προς τον ήλιο, έτσι ώστε οι ακτίνες του ήλιου να προσπίπτουν κάθετα στην επιφάνειά του. Η διάταξη, με τη δύση του ήλιου επιστρέφει σε θέση αναφοράς που χαρακτηρίζεται από νότιο προσανατολισμό και μικρή γωνία κλίσης προκειμένου να προφυλαχθεί από πιθανό ισχυρό άνεμο μέχρι την ανατολή. Λίγο πριν την ανατολή του ήλιου, ο μηχανισμός στρέφει τον συλλέκτη έτσι ώστε οι ηλιακές ακτίνες τότε να προσπέσουν κάθετα σε αυτόν. Από αυτή τη χρονική στιγμή αρχίζει η παρακολούθηση του ήλιου.
Όσο μικρότερη η περίοδος ενεργοποίησης του μηχανισμού στροφής τόσο καλύτερα προσεγγίζεται η κατάσταση συνεχούς κάθετης πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών, χωρίς αυτό να είναι εξαιρετικά κρίσιμο. Μια γωνία 10ο μεταξύ των ακτινών και της καθέτου στο επίπεδο του συλλέκτη, προκαλεί μείωση ~1,5% στην πυκνότητα ισχύος της απευθείας συνιστώσας της ακτινοβολίας, στο επίπεδο του συλλέκτη. Η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια κίνησης της διάταξης προέρχεται από την παραγόμενη από τη συστοιχία, ΦΒ ηλεκτρική ενέργεια.

Μειονέκτημα μιας τέτοιας διάταξης παρακολούθησης του ήλιου, δύο αξόνων είναι η οικονομική επιβάρυνση για την κατασκευή των μηχανολογικών και ηλεκτρονικών τμημάτων της καθώς και ο κίνδυνος καταστροφής λόγω ισχυρών ανέμων. Για το λόγω αυτό σε συστήματα με μηχανική κίνηση για τον προσανατολισμό των συλλεκτών προς των ήλιο ελέγχεται η ταχύτητα ανέμου έτσι ώστε στην περίπτωση ισχυρού ανέμου οι συλλεκτικές επιφάνειες να διατάσσονται οριζόντια. Σε αυτή τη θέση παρουσιάζουν μικρή μετωπική επιφάνεια προς τον άνεμο.

3.4 Αντιστροφέας (Inverter)

3.4.1 Γενικά Στοιχεία

Ο αντιστροφέας (inverter), το σύμβολο του οποίου βλέπουμε στην εικόνα 11, είναι μία ηλεκτρονική συσκευή που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα που παράγουν τα φωτοβολταϊκά σε εναλλασσόμενο αντίστοιχο με αυτό του δικτύου. Οι αντιστροφείς μπορεί να είναι μικροί (string inverters) ή κεντρικοί, ανάλογα με τις απαιτήσεις του συστήματος. Στην τεχνολογία στοιχειοσειρών (string), η φωτοβολταϊκή γεννήτρια χωρίζεται σε επιμέρους επιφάνειες μονάδας και σε κάθε μία από τις επιμέρους "στοιχειοσειρές" αντιστοιχίζεται ένας ξεχωριστός μετατροπέας. Χάρη σε αυτή την τεχνολογία μειώνονται τα έξοδα του συστήματος, η εγκατάσταση απλοποιείται σημαντικά και αυξάνεται η ενεργειακή απόδοση καθώς και η διαθεσιμότητα της εγκατάστασης. Οι κεντρικοί μετατροπείς ενδείκνυνται ιδιαίτερα για τη δημιουργία φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων με ομοιογενή δομή (πλαίσια του ίδιου τύπου με ταυτόσημο προσανατολισμό και κλίση). Χρησιμοποιούνται για εγκαταστάσεις άνω των 100 kWp και έχουν σχεδιαστεί για εξωτερική χρήση.

Οι αντιστροφείς μετατρέπουν το συνεχές ρεύμα (DC), σε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC). Κατ' αρχήν το

πλάτος είναι παρόμοιο μεταξύ DC και AC. Μέσα στην ίδια συσκευασία μπορεί να περιέχεται και μετασχηματιστής ο οποίος στόχο έχει την προσαρμογή της τάσης στα επίπεδα του εναλλασσομένου ρεύματος που επιθυμούμε, π.χ. 400V. Επίσης, στους αντιστροφείς για ΦΒ είναι δυνατόν να περιλαμβάνεται διάταξη ανίχνευσης της μέγιστης παραγωγής από την πηγή (Maximum Power Point Tracker (MPPT). Αντιστροφείς στις ΑΠΕ χρησιμοποιούνται σε:

- ΦΒ συστήματα
- Κυψέλες Καυσίμου
- Μικρές Α/Γ που παράγουν ισχύ απευθείας σε DC
- Σε μεγάλες Α/Γ σε κατάλληλους μετατροπείς για τη ρύθμιση της ισχύος μέσω μετατροπέων δικτύου για φιλικότερη λειτουργία.
- Σε διατάξεις μπαταριών για την παροχή της αποθηκευμένης ενέργειας προς το δίκτυο.

Βασικά χαρακτηριστικά τους είναι η υψηλή τους απόδοση (ακόμα και σε χαμηλή ισχύ εισόδου), το μεγάλο εύρος θερμοκρασιακής λειτουργίας (-25°C έως +60°C), και ο υψηλός βαθμός προστασίας τους από σκόνη και υγρασία (τυπική τιμή: IP65). Κατά την τοποθέτηση των αντιστροφέων είναι σημαντικό να εξασφαλίζεται ο επαρκής αερισμός τους. Συγκεκριμένα, γύρω από τη συσκευή πρέπει να υπάρχουν αποστάσεις 300mm – 500mm και, αν απαιτείται, χρήση τεχνητού εξαερισμού. Στην εικόνα 11 βλέπουμε τον τυπικό συμβολισμό των αντιστροφέων.

Αν δεν διατίθενται μετεωρολογικά δεδομένα για τον τόπο εγκατάστασης του ΦΒ συστήματος, ο οποίος έστω ότι δεν σκιάζεται από εμπόδια κατά τη διάρκεια της ημέρας, το ιδανικότερο είναι να επιλέξουμε γωνία κλίσης συλλέκτη ίση με $\beta = \varphi - (5o \div 10o)$. Πιθανότατα θα προσεγγίζει τη θέση καλύτερης δυνατής εκμετάλλευσης της ημερήσιας ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας ετησίως.

Τέλος, αν ο συλλέκτης πρέπει να εγκατασταθεί σε περιοχές με φυσικά εμπόδια, που τον σκιάζουν ορισμένη περίοδο της ημέρας, π.χ. δένδρα ή κτίρια, τότε ο συλλέκτης προσανατολίζεται έτσι ώστε να προκύπτει η βέλτιστη απόδοση. Κατά τη σύνταξη της σχετικής μελέτης, λαμβάνεται υπόψη, αφενός το τμήμα του ουρανού που αποκόπτεται από τα εμπόδια, αφετέρου το μικροκλίμα της περιοχής.

Εικόνα 3-11: Σύμβολο Αντιστροφέα

3.4.2 Κατηγορίες Αντιστροφέων

Οι αντιστροφείς χωρίζονται ανάλογα με τον αριθμό φάσεων που εμπλέκουν αλλά και τον τύπο διαμόρφωσης της συνεχούς τάσης προς εναλλασσόμενη που δέχονται. Οι τετραγωνικού παλμού είναι οι πιο απλοί αλλά η έξοδός τους έχει πολλές αρμονικές επιβλαβείς για τις συσκευές μας. Έτσι χρησιμοποιούνται σε πολύ απλές κατασκευές για μικρή ισχύ και για «αναίσθητα» φορτία όπως οι λαμπτήρες πυράκτωσης κάποιο μικρό θερμικό φορτίο κλπ. Οι αντιστροφείς διακρίνονται σε μόνο-φασικούς ή τρι-φασικούς, ανάλογα με τον αριθμό φάσεων. Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με τους αντιστροφείς που χρησιμοποιούν την SPWM τεχνική διαμόρφωσης παλμών (τετραγωνικού παλμού με ημιτονοειδή έξοδο).

3.4.3 Βασικά στοιχεία αντιστροφέων

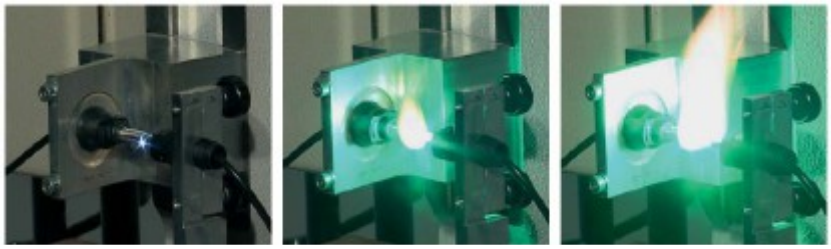
Κατά τη σύνδεση των αντιστροφέων στην πλευρά του συνεχούς ρεύματος, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στα ακόλουθα σημεία:

1. Έλεγχος της τάσης (μικρότερη από τη μέγιστη τάση εισόδου) και της πολικότητας.
2. Έλεγχος της τάσης μεταξύ της ΦΒ γεννήτριας και της γης.
3. Γείωση της ΦΒ γεννήτριας και των βάσεων στήριξης.

Κατά την αποσύνδεση του μετατροπέα από τη ΦΒ γεννήτρια χρειάζεται να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή, καθώς υπάρχει ο κίνδυνος δημιουργίας τόξου (εικόνα 12). Για την προστασία από αυτό το φαινόμενο, οι αντιστροφείς διαθέτουν έναν ηλεκτρονικό αποζεύκτη (electronic solar switch – ESS). Για την ασφαλή αποσύνδεση ενός αντιστροφέα, πρέπει να ακολουθηθούν τα παρακάτω βήματα:

1. Αποσύνδεση δικτύου AC
2. Αποσύνδεση ESS και διακοπή λειτουργίας αντιστροφέα
3. Αποσύνδεση στοιχειοσειρών ΦΒ.

Με αυτό τον τρόπο δεν δημιουργείται τόξο κατά τη διαδικασία της αποσύνδεσης του αντιστροφέα.



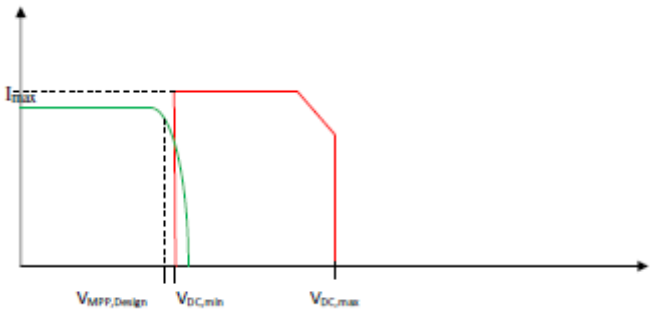
Εικόνα 3-12: Κίνδυνος δημιουργίας τόξου κατά την αποσύνδεση του αντιστροφέα από τη ΦΒ γεννήτρια.

Το εύρος λειτουργίας της ΦΒ γεννήτριας και του αντιστροφέα δεν είναι εναρμονισμένα. Για να εξασφαλιστεί η σωστή συνεργασία τους χρειάζεται να υπολογιστούν με σωστό τρόπο τα παρακάτω:

1. Η τάση MPP των ΦΒ στις υψηλές θερμοκρασίες
2. Η τάση ανοιχτού κυκλώματος των ΦΒ στις χαμηλές θερμοκρασίες
3. Η μέγιστη ισχύς του ΦΒ

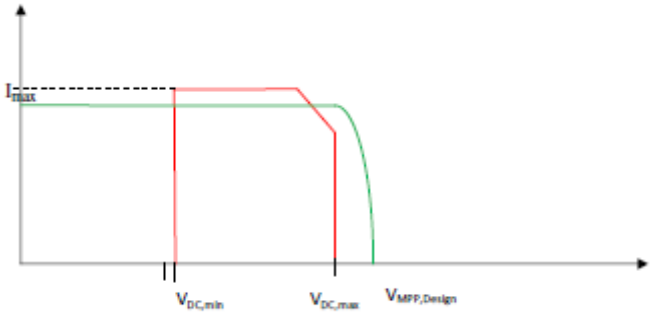
Στη συνέχεια θα εξεταστούν τρία προβλήματα που μπορούν να προκύψουν κατά τη συνεργασία ΦΒ και αντιστροφέα.

1. **Χαμηλή MPP τάση**
Στην περίπτωση αυτή, η τάση MPP του ΦΒ είναι μικρότερη από την ελάχιστη τάση εισόδου του Αντιστροφέα (διάγραμμα 3-5). Το αποτέλεσμα είναι μη κρίσιμο για τη λειτουργία του αντιστροφέα. Συγκεκριμένα, ο αντιστροφέας λειτουργεί παράγοντας και τροφοδοτώντας το δίκτυο με ενέργεια που παράγεται από το MPP του ΦΒ.



Διάγραμμα 3-5: Χαμηλή MPP τάση

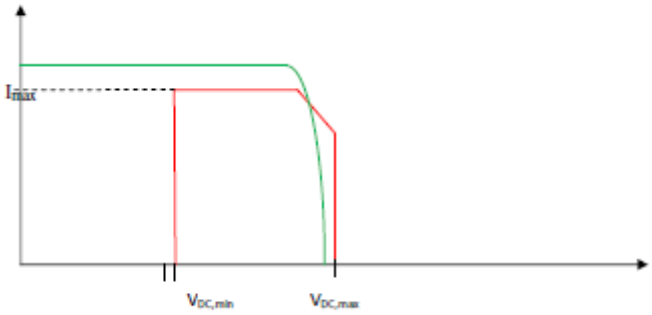
2. **Υψηλότερη τάση ανοιχτοκύκλωσης**
Στην περίπτωση αυτή, η τάση ανοιχτοκύκλωσης του ΦΒ είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη επιτρεπτή τάση εισόδου του αντιστροφέα (διάγραμμα 3-6). Το αποτέλεσμα είναι κρίσιμο για τη λειτουργία του αντιστροφέα. Συγκεκριμένα, ο αντιστροφέας δεν λειτουργεί, ενώ ανάλογα με την τάση και τη θερμοκρασία μπορεί να οδηγηθούμε σε καταστροφή του αντιστροφέα.



Διάγραμμα 3-6: Υψηλότερη Τάση Ανοιχτοκύκλωσης

VMPP,Design VDC,min VDC,max
V VMPP,Design DC,min VDC,max

3. **Υψηλότερο ρεύμα βραχυκύκλωσης**
Στην περίπτωση αυτή, τα ΦΒ μπορούν να παράγουν περισσότερη ισχύ και να δώσουν περισσότερο ρεύμα από τον αντιστροφέα. Το αποτέλεσμα είναι μη κρίσιμο για τη λειτουργία του αντιστροφέα. Συγκεκριμένα, ο αντιστροφέας θα συνεχίσει να τροφοδοτεί το δίκτυο με τη μέγιστη ισχύ του.(διάγραμμα 3-7).



Διάγραμμα 3-7: Υψηλότερο ρεύμα βραχυκύκλωσης

3.4.4 Λόγος ισχύος αντιστροφέα – ΦΒ πάρκου (ΛΙ)

Ορίζεται ως ο λόγος της ισχύος εισόδου του αντιστροφέα προς την ονομαστική ισχύ του ΦΒ. Για εγκαταστάσεις με βέλτιστη κλίση Φ/Β, το εύρος του ΛΙ είναι συνήθως 95%-115% (οι υψηλότερες τιμές αντιστοιχούν σε Φ/Β συστήματα με trackers). Χρειάζεται να τονιστεί ότι ο ΛΙ δεν αρκεί για τον χαρακτηρισμό μιας οποιασδήποτε Φ/Β εγκατάστασης. Για παράδειγμα, για Φ/Β πλαίσια που είναι

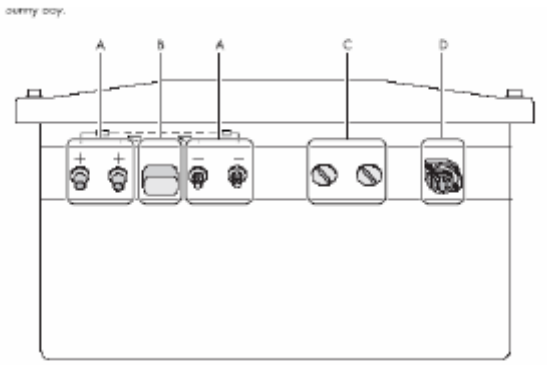
τοποθετημένα σε κατακόρυφους τοίχους (μακριά δηλαδή από τη βέλτιστη κλίση), ο ΛΙ μπορεί να παίρνει χαμηλότερες τιμές, ακόμα και μικρότερες από 80%.

3.4.5 Βαθμός απόδοσης αντιστροφέα

Ορίζεται ως ο λόγος της ισχύος εξόδου (AC) προς την ισχύ εισόδου (DC) του αντιστροφέα. Εξαρτάται από την ισχύ και την τάση λειτουργίας του αντιστροφέα. Εκτός από το μέγιστο βαθμό απόδοσης, σε έναν αντιστροφέα ορίζεται και ο Ευρωπαϊκός διαβαθμισμένος βαθμός απόδοσης, που αξιολογεί τη συμπεριφορά ενός αντιστροφέα σε διάφορα συγκεκριμένα σημεία της καμπύλης απόδοσής του σύμφωνα με τη σχέση:

$$neuro=0.03\times n5\%Pn+0.06\times n10\%Pn+0.13\times n20\%Pn+0.10\ n30\%Pn+0.48\times n50\%Pn+0.20\times n100\%Pn \quad (3.11)$$

Η τιμή του συντελεστή αυτού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύγκριση δύο αντιστροφέων. Οι συνηθισμένες τιμές πλέον υπερβαίνουν το 90% και σε κάποιες περιπτώσεις μεγαλύτερων μετατροπέων αγγίζουν το 97%-98%. Γενικά συνίσταται το μέγεθος του αντιστροφέα VDC,min VDC,max να είναι στο 95-110% της ονομαστικής ισχύος του ΦΒ. Η υπό-λειτουργία του θα οδηγεί σε χαμηλό βαθμό απόδοσης ενώ η πολύ χαμηλή ισχύς σε σχέση με την εγκαταστημένη ισχύ του ΦΒ θα οδηγεί σε μη εκμετάλλευση της παραγωγής του ΦΒ. Η εικόνα 13 δείχνει την όψη της συνδεσμολογίας ενός τυπικού Αντιστροφέα.



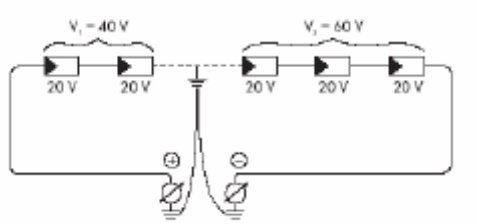
Αντικείμενο	Περιγραφή
A	Ηλεκτρικός συνδετήρας για τη σύνδεση της φωτοβολταϊκής στοιχειοσειράς
B	Ένθεμα υποδοχής για τη σύνδεση του αποζεύκτη φορτίου DC Electronic Solar Switch (ESS)
C	Δίοδος καλωδίου για την επικοινωνία (με πάματα σφράγισης)
D	Βύσμα για σύνδεση AC

Εικόνα 3-13: Όψη συνδεσμολογιών ενός τυπικού Αντιστροφέα

Η σύνδεση πάντα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με την πολικότητα του ΦΒ η οποία πρέπει να ελέγχεται διαρκώς. Ποτέ δεν γίνεται συνδεσμολογία φορτίου ανάμεσα στο μετατροπέα και την ασφάλειά του. Η διατομή του καλωδίου που χρησιμοποιούμε εξαρτάται από την ισχύ του μετατροπέα (κατ' επέκταση από το ρεύμα του) και την απόσταση μέχρι τον πίνακα. Υπάρχουν σχετικά βοηθητικά λογισμικά στο διαδίκτυο καθώς και πίνακες που μιλούν για τα όρια μεταφερόμενου ρεύματος από κάθε καλώδιο.

3.4.6 Έλεγχος της Φ/Β γεννήτριας για βραχυκύκλωμα γείωσης

Για τον αυτό τον έλεγχο απομονώνεται ο μετατροπέας και από το συνεχές και από το εναλλασσόμενο. Στην συνέχεια γίνεται μέτρηση των τάσεων μεταξύ του θετικού και του αρνητικού πόλου μίας στοιχειοσειράς σε σχέση με το δυναμικό γης. Αν παρουσιαστεί τάση σημαίνει ότι υπάρχει βραχυκύκλωμα γείωσης στη στοιχειοσειρά και δεν πρέπει να γίνεται σύνδεση στον
αντριστροφέα σε καμία περίπτωση. Το σημείο που είναι το βραχυκύκλωμα προκύπτει προσεγγιστικά λαμβάνοντας την τάση ανοικτού κυκλώματος των ΦΒ και αθροίζοντας ΦΒ σε σειρά. Η Εικόνα 14 δείχνει ότι το βραχυκύκλωμα είναι μεταξύ του 2ου και του 3ου ΦΒ πλαισίου και πρέπει να αποκατασταθεί πριν γίνει οποιαδήποτε άλλη σύνδεση. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε στοιχειοσειρά.



Εικόνα 3-14: Βραχυκύκλωμα μεταξύ 2ου και 3ου ΦΒ πλαισίου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

Συστήματα Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας

4.1 Η έννοια της συμπαραγωγής

Ο συμβατικός τρόπος κάλυψης των ηλεκτρικών και θερμικών φορτίων ενός καταναλωτή (ή μιας ομάδας καταναλωτών) είναι η αγορά ηλεκτρισμού από το εθνικό δίκτυο και η καύση κάποιου καυσίμου (σε λέβητα, κλίβανο, κ.λ.π.) για την παραγωγή θερμότητας. Αυτό είναι το συμβατικό μοντέλο που χρησιμοποιούταν για πολλά χρόνια. Η ολική κατανάλωση καυσίμων μπορεί να περιοριστεί σημαντικά εάν εφαρμοσθεί η Συμπαραγωγή (στα αγγλικά Cogeneration ή Combined Heat and Power, CHP).

Συμπαραγωγή είναι η συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρικής (ή μηχανικής) και θερμικής ενέργειας από την ίδια πηγή ενέργειας. ιευκρινίζεται ότι η θερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη ή κλιματισμό. Η ψύξη ή ο κλιματισμόςεπιτυγχάνονται με μηχανές απορρόφησης, που λειτουργούν με ατμό ή θερμό νερό. Κατά τη λειτουργία ενός συμβατικού θερμοηλεκτρικού σταθμού, μεγάλα ποσά θερμότητας αποβάλλονται στο περιβάλλον είτε μέσω των ψυκτικών κυκλωμάτων (συμπυκνωμάτων ατμού, πύργων ψύξης, ψυγείων νερού κινητήρων Diesel, κ.λ.π) είτε μέσω των καυσαερίων (αεριοστρόβιλων, κινητήρων Diesel, κινητήρων Otto, κ.λ.π). Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της θερμότητας μπορεί να ανακτηθεί και να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους, όπως σε ξενοδοχεία, νοσοκομεία και σχολεία.

Ένα σύστημα συμπαραγωγής αποτελείται κυρίως από τέσσερα στοιχεία:

- Τον κινητήρα (prime mover): ατμοστρόβιλος, αεριοστρόβιλος, παλινδρομική μηχανή εσωτερικής καύσης, συνδυασμένου κύκλου, κυψέλες καυσίμου, μηχανή Stirling ή μικροτουρμπίνα. Ο κινητήρας κινεί τη γεννήτρια.
- Το σύστημα ανάκτησης θερμότητας: σύστημα που ανακτά την απορριπτόμενη θερμότητα από τα ρευστά που έχουν σχέση με τη λειτουργία της μηχανής (με εναλλάκτες ανάκτησης θερμότητας) και από τα καυσαέρια (με λέβητα ανάκτησης θερμότητας που αποκαλείται και λέβητας καυσαερίων).
- Τη γεννήτρια: σύγχρονη, ασύγχρονη ή αυτοδιεγειρόμενη ασύγχρονη. Παράγει την ηλεκτρική ενέργεια.
- Το σύστημα ελέγχου: μέσω αυτού διασφαλίζεται η ασφαλής και ικανοποιητική λειτουργία του συστήματος συμπαραγωγής. Το σύστημα έλεγχου είναι το πιο βασικό τμήμα, αφού ουσιαστικά ρυθμίζει την όλη διαδικασία της συμπαραγωγής.

Συνεπώς, ένα τέτοιο σύστημα απαιτεί λιγότερη πρωτογενή ενέργεια από ότι ένα σύστημα ξεχωριστής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Στα συστήματα ΣΗΘ ο βαθμός απόδοσης φτάνει το 80-85%, με δυνατότητες να φτάσει ή ακόμα και να ξεπεράσει και το 90%, εξοικονομώντας ενέργεια κατά 15-40%, εν συγκρίσει με τους συμβατικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, όπου ο βαθμός απόδοσης κυμαίνεται μεταξύ 30% με 45%. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της αξιοποίησης μεγάλων ποσών θερμότητας που, διαφορετικά, θα αποβάλλονταν στο περιβάλλον υπό μορφή απωλειών ενέργειας. Μια τυπική σύγκριση, ως προς τον βαθμό απόδοσης, της συμπαραγωγής με τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας παρουσιάζουν τα Σχήματα 4-1 και 4-2:

Εικόνα 4-1

Εικόνα 4-2

Ως ενεργειακή πηγή μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε καύσιμο. Σήμερα ωστόσο και στο πλαίσιο της προσπάθειας εξοικονόμησης ενέργειας, φυσικών πόρων και προώθησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), κρίνεται αποδοτικότερη και συμφέρουσα η χρήση καυσίμων φιλικότερων στο περιβάλλον, όπως είναι η βιομάζα και το φυσικό αέριο.

4.2 Τρόποι λειτουργίας των συστημάτων συμπαραγωγής

Ο τρόπος λειτουργίας χαρακτηρίζεται από το κριτήριο στο οποίο βασίζεται η ρύθμιση της παραγωγής του ηλεκτρισμού και της ωφέλιμης θερμότητας ενός συστήματος συμπαραγωγής. Υπάρχουν διάφοροι πιθανοί τρόποι λειτουργίας, οι πιο ευδιάκριτοι από τους οποίους παρατίθενται στη συνέχεια. Οι μέθοδοι αυτοί λαμβάνονται υπόψη στην τελική επιλογή πάντα σε συνδυασμό με τις δυνατότητες του δικτύου αλλά και με τις ανάγκες χρήσης της κάθε εγκατάστασης:

- **Κάλυψη του θερμικού φορτίου ("heat match"):** Σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, η ωφέλιμη παραγωγή θερμότητας του συστήματος συμπαραγωγής είναι ίση με το θερμικό φορτίο (χωρίς υπέρβαση της δυναμικότητας του συστήματος). Εάν η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι μεγαλύτερη από το φορτίο η πλεονάζουσα ενέργεια πωλείται στο δίκτυο, ενώ εάν είναι μικρότερη η συμπληρωματική ηλεκτρική ενέργεια αγοράζεται από το δίκτυο.
- **Κάλυψη του θερμικού φορτίου βάσης:** Στην περίπτωση αυτή, το σύστημα ΣΗΘ διαστασιολογείται ώστε να παρέχει την ελάχιστη απαιτούμενη θερμική ενέργεια για την εγκατάσταση. Εφεδρικοί λέβητες ή καυστήρες χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια των περιόδων που η ζήτηση θερμότητας είναι υψηλότερη. Ο κύριος κινητήρας της μονάδας λειτουργεί πάντα υπό πλήρες φορτίο. Εάν η ανάγκη για ηλεκτρική ενέργεια της εγκατάστασης υπερβαίνει αυτήν που μπορεί να παρέχει ο κύριος κινητήρας, τότε η υπόλοιπη ποσότητα μπορεί να αγοραστεί από το δίκτυο. Αντίστοιχα, εάν το επιτρέπουν οι ισχύοντες νόμοι, η πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να πωληθεί στην ηλεκτρική εταιρεία.
- **Κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου ("electricity match"):** Κάθε χρονική στιγμή η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι ίση με το ηλεκτρικό φορτίο (χωρίς υπέρβαση της δυναμικότητας του συστήματος ΣΗΘ). Εάν η συμπαραγόμενη θερμότητα είναι μικρότερη από το θερμικό φορτίο ένας βοηθητικός λέβητας υποβοηθά στην κάλυψη των αναγκών, ενώ εάν είναι μεγαλύτερη η πλεονάζουσα θερμότητα απορρίπτεται στο περιβάλλον μέσω συσκευών ψύξης ή μέσω των καυσαερίων.
- **Κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου βάσης:** Σε αυτήν τη διάταξη, η μονάδα ΣΗΘ διαστασιολογείται ώστε να ικανοποιεί την ελάχιστη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας της εγκατάστασης, βάσει της καμπύλης των ιστορικών αναγκών. Οι υπόλοιπες ανάγκες σε ηλεκτρισμό καλύπτονται από το δίκτυο. Οι θερμικές ανάγκες της εγκατάστασης θα μπορούσαν να καλυφθούν από το σύστημα συμπαραγωγής μόνο ή με πρόσθετους λέβητες. Εάν η θερμική ενέργεια που παράγεται σύμφωνα με το ηλεκτρικό φορτίο βάσης υπερβαίνει τις απαιτήσεις της εγκατάστασης, και εάν το επιτρέπουν οι συνθήκες, η πλεονάζουσα θερμική ενέργεια μπορεί να πωληθεί σε γειτονικούς πελάτες.

- **Μικτή κάλυψη:** Σε ορισμένες χρονικές περιόδους ακολουθείται ο τρόπος κάλυψης του θερμικού φορτίου, ενώ σε άλλες περιόδους ακολουθείται ο τρόπος κάλυψης του ηλεκτρικού φορτίου. Η απόφαση βασίζεται στην εκτίμηση παραμέτρων όπως είναι τα επίπεδα των φορτίων, η τιμή των καυσίμων και το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας κατά την συγκεκριμένη ημέρα και ώρα.
- **Αυτόνομη λειτουργία:** Υφίσταται πλήρης κάλυψη των ηλεκτρικών και θερμικών φορτίων σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή χωρίς σύνδεση με το δίκτυο. Αυτός ο τρόπος απαιτεί να διαθέτει το σύστημα ηλεκτρική και θερμική δυναμικότητα εφεδρείας, έτσι ώστε στην περίπτωση που μια μονάδα τεθεί εκτός λειτουργίας για οποιοδήποτε λόγο, οι υπόλοιπες μονάδες να είναι σε θέση να καλύψουν το ηλεκτρικό και το θερμικό φορτίο. Αυτή είναι και η πιο δαπανηρή στρατηγική, τουλάχιστον από την άποψη του αρχικού κόστους του συστήματος.

Γενικά, η λειτουργία κάλυψης του θερμικού φορτίου οδηγεί στον υψηλότερο βαθμό αξιοποίησης του καυσίμου (λόγος εξοικονόμησης ενέργειας καυσίμων-FESR) και ίσως στην καλύτερη οικονομική απόδοση της συμπαραγωγής, τόσο στο βιομηχανικό όσο και στον κτιριακό τομέα. Κάθε εφαρμογή έχει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της, υπάρχει μια πληθώρα συστημάτων ΣΗΘ (ανάλογα με τον τύπο της τεχνολογίας, το μέγεθος, τη διαμόρφωση), ενώ η σχεδίαση ενός συστήματος συμπαραγωγής μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες του χρήστη και έχει επιπτώσεις στους δυνατούς τρόπους λειτουργίας του, και το αντίστροφο. Εξάλλου, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος μπορεί να μεταβάλλονται οι διάφορες τεχνικές και οικονομικές παράμετροι με την ημέρα και τη χρονική στιγμή.

Όλες αυτές οι πτυχές καθιστούν αναγκαία τη λήψη αποφάσεων όχι βάσει γενικών κανόνων μόνο, αλλά με τη χρήση συστηματικών διαδικασιών βελτιστοποίησης που βασίζονται στο μαθηματικό προγραμματισμό, τόσο για το σχεδιασμό όσο και για τη λειτουργία του συστήματος. Για τη λειτουργία των συστημάτων συμπαραγωγής, ειδικότερα, διατίθενται συστήματα ελέγχου βασισμένα σε μικροεπεξεργαστές. Αυτά παρέχουν τη δυνατότητα τα διάφορα συστήματα ΣΗΘ να λειτουργούν για την κάλυψη κάποιου φορτίου βάσης, να παρακολουθούν τα ηλεκτρικά ή τα θερμικά φορτία, είτε να λειτουργούν κατά ένα οικονομικοτεχνικά βέλτιστο τρόπο (τρόπος μικτής κάλυψης). Στην τελευταία περίπτωση, ο μικροεπεξεργαστής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επίβλεψη της απόδοσης του συστήματος συμπαραγωγής, περιλαμβανομένων:

- του βαθμού απόδοσης του συστήματος και του ποσού της διαθέσιμης ωφέλιμης θερμότητας.
- των ηλεκτρικών και των θερμικών αναγκών του χρήστη, της ποσότητας της πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας που πρέπει να αποδοθεί στο δίκτυο και του ποσού της θερμότητας που πρέπει να απορριφθεί στο περιβάλλον.
- του κόστους της αγοραζόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και της αξίας των πωλήσεων ηλεκτρικής ενέργειας, δεδομένου ότι αυτά μπορεί να μεταβάλλονται ανάλογα με την ώρα της ημέρας, την ημέρα της εβδομάδας, ή την εποχή.

Η χρήση των συστημάτων έλεγχου παίζει μεγάλο ρόλο στην συνολική λειτουργία της εγκατάστασης. Για το λόγο αυτό και η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος χρήζει προσεκτικής μελέτης.

4.3 Σύγχρονες τεχνικές συμπαραγωγής

Με βασικό αλλά ταυτόχρονα πολύ γενικό κριτήριο την προτεραιότητα που δίνεται στην παραγωγή της ηλεκτρικής ή της θερμικής ενέργειας σε ένα σύστημα συμπαραγωγής, υπάρχουν δύο γενικοί χαρακτηρισμοί:

- τα συστήματα “κορυφής” (topping systems) και
- τα συστήματα “βάσης” (bottoming systems)

Στα **συστήματα “κορυφής”** ρευστό υψηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού, ενώ η αποβαλλόμενη θερμότητα χαμηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιείται σε θερμικές διεργασίες, θέρμανση χώρων ή ακόμη και για την παραγωγή πρόσθετης ηλεκτρικής ενέργειας.

Στα **συστήματα "βάσης"**, παράγεται πρώτα θερμική ενέργεια υψηλής θερμοκρασίας (όπως π.χ. σε φούρνους χαλυβουργείων, υαλουργείων, εργοστασίων τσιμέντου κ.λ.π) και κατόπιν τα θερμά αέρια διοχετεύονται συνήθως σε λέβητα ανακομιδής θερμότητας, όπου παράγεται ατμός που κινεί ατμοστροβιλογεννήτρια. Είναι επίσης δυνατό τα θερμά αέρια να διοχετευτούν σε αεριοστρόβιλο, που κινεί την ηλεκτρογεννήτρια, χωρίς την παρεμβολή λέβητα.

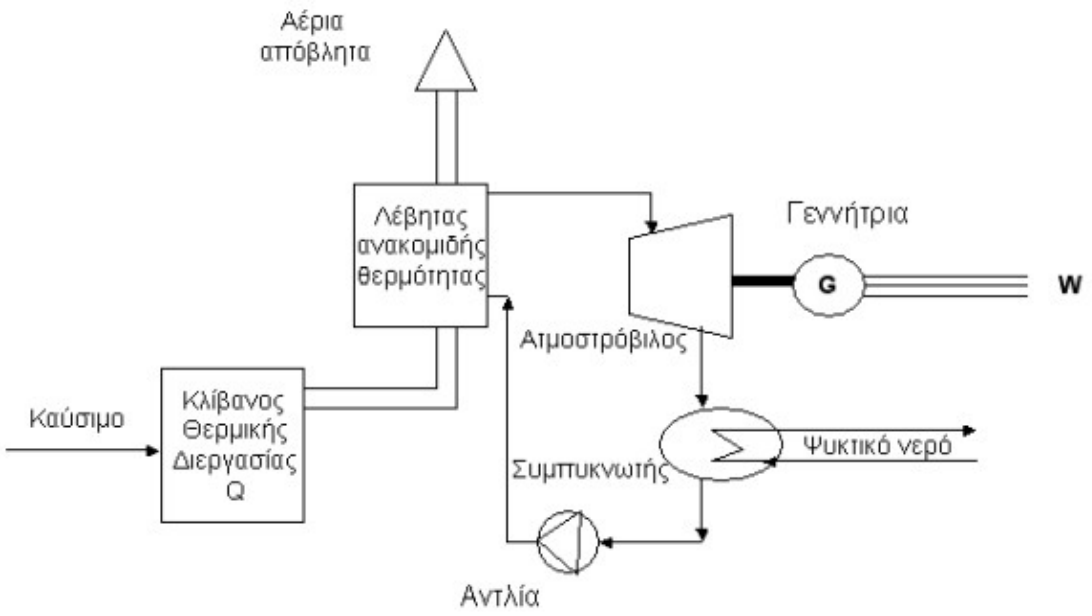
Επιγραμματικά, τα πιο διαδεδομένα και ευρέως εφαρμόσιμα συστήματα συμπαραγωγής είναι:

- Συστήματα ατμοστροβίλων (απομάστευσης, αντίθλιψης ή σε κύκλο βάσης)
- Συστήματα αεριοστροβίλων ανοιχτού και κλειστού κύκλου
- Συστήματα με παλινδρομική μηχανή εσωτερικής καύσης
- Συστήματα συνδυασμένου κύκλου
- Κύκλοι βάσης Rankine με οργανικά ρευστά
- Κυψέλες καυσίμου (fuel cells)
- Μηχανές Stirling

Η εισαγωγή για την αξιοποίηση των μονάδων αυτών προηγήθηκε. Η διάκριση αυτή έχει να κάνει με την χρήση των μονάδων με κύρια παράμετρο είτε το θερμικό φορτίο είτε το ηλεκτρικό. Σε επέκταση της μεθοδολογίας αυτής βασίζεται και η προηγουμένη διάκριση σε μονάδες βάσης ή αιχμής. Συνήθως, τα συστήματα συμπαραγωγής ταξινομούνται βάση του κινητήρα (prime mover), της γεννήτριας και του καυσίμου που χρησιμοποιούν.

4.3.1 Συστήματα ατμοστροβίλων

Είναι τα πιο διαδεδομένα συστήματα συμπαραγωγής, κατάλληλα για ισχύς 500 kW- 100 MW ή και μεγαλύτερες. Μπορούν να χρησιμοποιήσουν οποιοδήποτε καύσιμο. Ακόμη και στερεά απόβλητα καίγονται σε ειδικούς λέβητες εφοδιασμένους με συστήματα κατακράτησης ή και εξουδετέρωσης ρύπων και τοξικών ουσιών, που δημιουργούνται κατά την καύση. Ο βαθμός απόδοσης φθάνει το 60%-85% και δεν πέφτει έντονα κατά τη λειτουργία σε μερικό φορτίο (δηλ. φορτίο μικρότερο του ονομαστικού). Για σύγκριση, υπενθυμίζεται ότι ο βαθμός απόδοσης ενός συμβατικού ατμοηλεκτρικού σταθμού βρίσκεται στην περιοχή του 35%.
Βασικό τους μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός πως ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης είναι χαμηλός (τιμές της τάξεως του 15-20% είναι συνηθισμένες), που συντελεί σε μικρό λόγ
ηλεκτρισμού προς θερμότητα. Τα συστήματα ατμοστροβίλου έχουν ψηλή αξιοπιστία (ως αξιοπιστία θεωρείται η πιθανότητα να λειτουργεί ικανοποιητικά ένα σύστημα για δεδομένο χρονικό διάστημα και με προκαθορισμένες συνθήκες), που φτάνει το 95%, υψηλή διαθεσιμότητα (διαθεσιμότητα είναι η πιθανότητα να λειτουργεί ικανοποιητικά ένα σύστημα σε τυχαία χρονική στιγμή), της τάξεως του 90-95%, και μεγάλη διάρκεια ζωής (25-35 έτη). Όμως, ο χρόνος εγκατάστασης είναι σχετικά μεγάλος: 12-18 μήνες για μικρές μονάδες και μέχρι τρία έτη για μεγαλύτερα συστήματα.



Εικόνα 4-3: Σύστημα ατμοστροβίλου

Ο θερμοδυναμικός κύκλος του ατμοστροβίλου είναι ο κύκλος Rankine, ο οποίος είναι και ο βασικός κύκλος των συμβατικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής και συνίσταται καταρχήν από μια πηγή θερμότητας (λέβητας) που μετατρέπει το νερό σε ατμό υψηλής πίεσης. Ο ατμός ρέει μέσα από το στρόβιλο και παράγει μηχανική ισχύ. Όταν εξέρχεται από τον στρόβιλο συμπυκνώνεται και επιστρέφει στο λέβητα για να επαναληφθεί η διαδικασία, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-3.

Οι τρεις βασικές διατάξεις συστημάτων της κατηγορίας αυτής είναι:

- Συστήματα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο αντίθλιψης
- Συστήματα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο απομάστευσης
- Συστήματα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο σε κύκλο βάσης

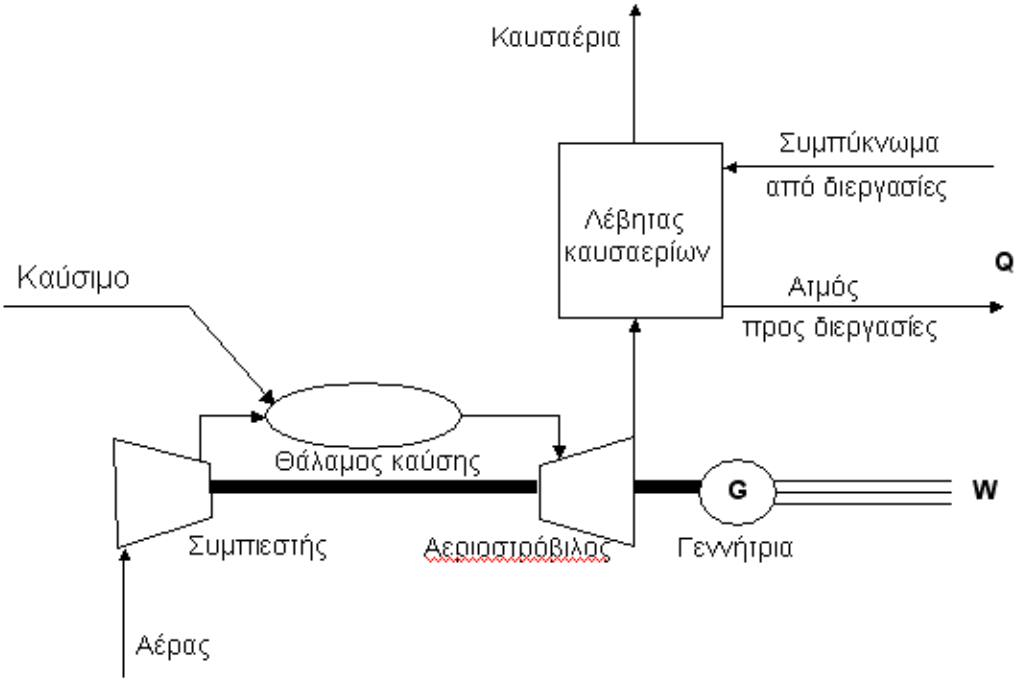
4.3.2 Συστήματα αεριοστρόβιλων

Είναι από τα πιο διαδεδομένα συστήματα για μεσαίες και μεγαλύτερες τιμές ισχύος. Υπάρχουν δύο βασικές διατάξεις: ανοικτού και κλειστού κύκλου.

Συστήματα αεριοστρόβιλου ανοικτού κύκλου
Οι περισσότερες αεριοστροβιλικές μονάδες είναι ανοικτού τύπου: αέρας αναρροφάται από την ατμόσφαιρα, συμπιέζεται και οδηγείται στο θάλαμο καύσης. Τα καυσαέρια εκτονώνονται στον αεριοστρόβιλο (που κινεί τη γεννήτρια), από τον οποίο βγαίνουν με θερμοκρασία 300-600oC. Η σημαντική ισχύς που απαιτείται για την κίνηση του συμπιεστή και η υψηλή θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων είναι οι κύριες αιτίες του μικρού βαθμού απόδοσης ενός τέτοιου συστήματος ηλεκτροπαραγωγής (25%-35% και σε σύγχρονες προηγμένες μονάδες 40%). Η υψηλή θερμοκρασία των καυσαερίων κάνει τις μονάδες αυτές ιδανικές για συμπαραγωγή, γεγονός που αυξάνει τον βαθμό απόδοσης στο 60%-80%.

Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι εκμετάλλευσης της θερμότητας των καυσαερίων:

- Άμεση χρήση σε θερμικές διεργασίες (θέρμανση, ξήρανση, κ.λ.π.)
- Διοχέτευση των καυσαερίων σε λέβητα ανακομιδής θερμότητας (λέγεται και λέβητας καυσαερίων). Εκεί παράγεται ατμός υψηλών χαρακτηριστικών, που είναι κατάλληλος όχι μόνο για θερμικές διεργασίες αλλά και για την κίνηση ατμοστροβίλου συνδεδεμένου με γεννήτρια ή άλλο μηχάνημα (σύστημα συνδυασμένου κύκλου).



Εικόνα 4-4: Σύστημα αεριοστρόβιλου

Τα συστήματα συμπαραγωγής με αεριοστρόβιλο ανοικτού κύκλου έχουν ισχύ 100 kW-100 MW. Λειτουργούν συνήθως με φυσικό αέριο ή ελαφρά αποστάγματα πετρελαίου (π.χ. Καύσιμο Diesel), ενώ ευοίωνες παρουσιάζονται οι προοπτικές για χρήση γαιανθράκων σε εξαεριωμένη μορφή. Στο σχήμα 4-4 παρουσιάζεται αναλυτικά η λειτουργία του συστήματος. Στο σύστημα υπάρχει εγκατάσταση ηλεκτροπαραγωγής με αεριοστρόβιλο ανοικτού κύκλου, όπου τα καυσαέρια μετά την έξοδο από το στρόβιλο διέρχονται από λέβητα ανάκτησης θερμότητας, όπου ένα μέρος της θερμικής ενέργειας των καυσαερίων ανακτάται και παράγεται ατμός μέσης πίεσης (ωφέλιμη θερμική ενέργεια) για την κάλυψη των θερμικών αναγκών της εγκατάστασης.

Συστήματα αεριοστρόβιλου κλειστού κύκλου

Στα συστήματα κλειστού κύκλου, το εργαζόμενο ρευστό (συνήθως ήλιο ή αέρας) κυκλοφορεί σε κλειστό κύκλωμα. Θερμαίνεται μέχρι την κατάλληλη θερμοκρασία σε εναλλάκτη θερμότητας, πριν από την είσοδο στον αεριοστρόβιλο, και ψύχεται μετά την έξοδό του από αυτόν. Καθώς το ρευστό δεν συμμετέχει στην καύση, διατηρείται καθαρό και έτσι αποφεύγεται η μηχανική και η χημική διάβρωση του αεριοστρόβιλου από τα προϊόντα της καύσης. Η εξωτερική καύση επιτρέπει τη χρήση οποιουδήποτε καυσίμου στα συστήματα αυτά: άνθρακα, απόβλητα βιομηχανιών ή πόλεων, βιομάζα, υγρά ή αέρια καύσιμα παραγόμενα από βιομάζα κ.λ.π.

Πυρηνική ή ηλιακή ενέργεια μπορούν επίσης να αποτελέσουν πηγή θερμότητας. Στην Ευρώπη και στην Ιαπωνία λειτουργούν συστήματα αυτού του τύπου με ισχύς από 2-50 MW, ο αριθμός τους όμως είναι περιορισμένος.

4.3.3 Συστήματα με παλινδρομική μηχανή εσωτερικής καύσης

Διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

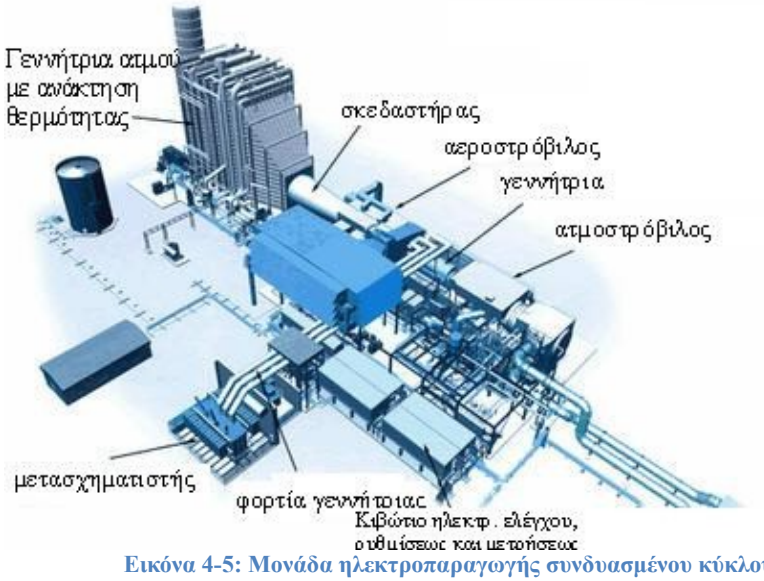
- Μονάδες μικρής κλίμακας με αεριομηχανή (15-1.000 kW) ή κινητήρα Diesel (75-1.000 kW)
- Συστήματα μέσης ισχύος (1.000-6.000 kW) με αεριομηχανή ή κινητήρα Diesel
- Συστήματα μεγάλης ισχύος (άνω των 6.000 kW) με κινητήρα Diesel

Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης είναι μια θερμική μηχανή, στην οποία καίγεται ένα καύσιμο παρουσία αέρα μέσα σε ένα θάλαμο καύσης και από την εξώθερμη αντίδραση του καυσίμου με το οξυγόνο του αέρα δημιουργούνται θερμά αέρια. Στον κινητήρα εσωτερικής καύσης ή εκτόνωσης της πίεσης των αερίων που παράγονται ασκεί δύναμη στο κινητό μέρος του κινητήρα, όπως στα έμβολα ή στα πτερύγια.

Αεριομηχανές (Gas engines) ονομάζονται οι παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης που λειτουργούν με αέριο καύσιμο, π.χ. φυσικό αέριο, βιοαέριο, κ.λ.π. Όπως και στην περίπτωση των αεριοστρόβιλων, τα καυσαέρια των κινητήρων βρίσκουν είτε άμεση είτε έμμεση χρήση. Η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι 300-400°C, δηλαδή αισθητά χαμηλότερη από εκείνη του αεριοστρόβιλου, γι' αυτό και κάνει πιο συχνή την ανάγκη για συμπληρωματική θερμότητα. Αυτή αποκτάται είτε με τοποθέτηση καυστήρα και προσαγωγή αέρα για καύση συμπληρωματικού καυσίμου στον λέβητα καυσαερίων, είτε με εγκατάσταση βοηθητικού λέβητα. Οι μεγάλοι κινητήρες προσφέρουν τη δυνατότητα συνδυασμένου κύκλου.

4.3.4 Συστήματα συνδυασμένου κύκλου

Ο όρος "συνδυασμένος κύκλος" αναφέρεται σε συστήματα με δύο θερμοδυναμικούς κύκλους, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με κάποιο εργαζόμενο ρευστό και λειτουργούν σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Ο κύκλος υψηλής θερμοκρασίας (κορυφής) αποβάλει θερμότητα, που ανακτάται και χρησιμοποιείται από τον κύκλο χαμηλής θερμοκρασίας (βάσης) για την παραγωγή πρόσθετης ηλεκτρικής ή μηχανικής ενέργειας, αυξάνοντας έτσι τον βαθμό απόδοσης (σχήμα 4-5). Τα πιο διαδεδομένα συστήματα συνδυασμένου κύκλου είναι εκείνα με συνδυασμό αεριοστροβίλου-ατμοστροβίλου (κύκλοι Joule-Rankine).



Εικόνα 4-5: Μονάδα ηλεκτροπαραγωγής συνδυασμένου κύκλου

Η υψηλή περιεκτικότητα οξυγόνου στα καυσαέρια του αεριοστρόβιλου (περίπου 17%) επιτρέπει την καύση συμπληρωματικού καυσίμου στον λέβητα καυσαερίων, εάν κριθεί αναγκαία για την αύξηση ισχύος του συστήματος. Η συμπληρωματική καύση αυξάνει το βαθμό απόδοσης του συστήματος κατά τη λειτουργία σε μερικό φορτίο, αλλά κάνει την εγκατάσταση και ιδιαίτερα τις διατάξεις ρύθμισης και ελέγχου πιο περίπλοκες. Η ισχύς των συστημάτων συνδυασμένου κύκλου κυμαίνεται συνήθως στην περιοχή 20-400

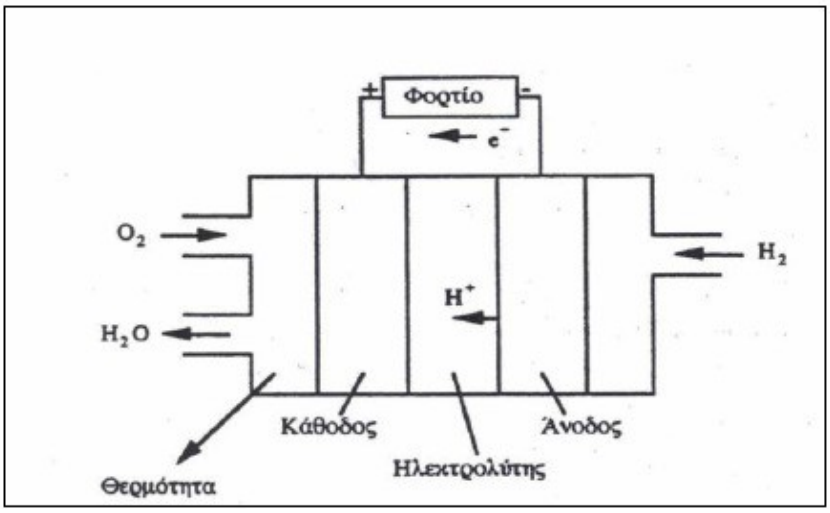
MW, ενώ κατασκευάζονται επίσης μικρότερες μονάδες με ισχύ 4-11 MW. Η συγκέντρωση ισχύος (ισχύς ανά μονάδα όγκου) των συστημάτων αυτών είναι υψηλότερη από τη συγκέντρωση ισχύος των συστημάτων απλού κύκλου αεριοστρόβιλου (Joule) ή ατμοστροβίλου (Rankine). ς προς τα καύσιμα ισχύει ότι αναφέρθηκε για τα συστήματα αεριοστρόβιλου. Ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης βρίσκεται συνήθως στην περιοχή του 35-45%, ενώ ο ολικός βαθμός απόδοσης είναι 70-88%. Η λειτουργία σε μερικό φορτίο έχει αρνητική επίδραση στον βαθμό απόδοσης του συστήματος. Η αξιοπιστία των συστημάτων συνδυασμένου κύκλου είναι 80-85%, η μέση ετήσια διαθεσιμότητα 77-85% και ο οικονομικός χρόνος ζωής 15-25 έτη.

4.3.5 Κύκλοι βάσης Rankine με οργανικά ρευστά

Η παραγωγή ηλεκτρικής ή μηχανικής ενέργειας με ανάκτηση θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας (80-300oC) είναι δυνατή, αν αντί του νερού χρησιμοποιηθούν οργανικά ρευστά, που έχουν θερμοκρασία βρασμού αρκετά χαμηλότερη εκείνης του νερού. Η ισχύς των συστημάτων αυτών κυμαίνεται στην περιοχή 2 kW - 10 MW και ο βαθμός απόδοσης είναι μικρός, 10-30%, αλλά σημασία έχει το γεγονός ότι ένα τέτοιο σύστημα παράγει πρόσθετη ισχύ χωρίς να ξοδεύει καύσιμο. Από κατασκευαστικής πλευράς, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή των υλικών, ώστε να μην παθαίνουν διάβρωση από το οργανικό ρευστό (π.χ. Χρήση ανοξείδωτου χάλυβα), και στη στεγανότητα των στοιχείων του συστήματος, ώστε να μην διαφεύγει το οργανικό ρευστό στην ατμόσφαιρα. Ο χρόνος εγκατάστασης μικρών συστημάτων (μέχρι 50 kW), και ιδιαίτερα εκείνων που είναι κατάλληλα για χρήση στον εμπορικό-κτιριακό τομέα, είναι 4-8 μήνες, ενώ για μεγαλύτερες μονάδες είναι 1-2 έτη. Καθώς η τεχνολογία αυτή είναι σχετικά νέα, δεν υπάρχουν αρκετές πληροφορίες για την αξιοπιστία των συστημάτων. Εκτιμάται ότι η μέση ετήσια διαθεσιμότητά τους είναι 80-90%. Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής τους είναι περίπου 20 έτη.

4.3.6 Κυψέλες καυσίμου

Η κυψέλη καυσίμου (fuel cells) είναι μια ηλεκτροχημική συσκευή, που μετατρέπει τη χημική ενέργεια του καυσίμου σε ηλεκτρισμό χωρίς τη μεσολάβηση της καύσης. Στη βασική της μορφή λειτουργεί ως εξής: υδρογόνο και οξυγόνο αντιδρούν με την παρουσία ηλεκτρολύτη και παράγουν νερό, ενώ ταυτόχρονα αναπτύσσεται ένα ηλεκτροχημικό δυναμικό που προκαλεί ροή ηλεκτρικού ρεύματος στο εξωτερικό κύκλωμα (φορτίο). Καθώς η αντίδραση είναι εξώθερμη, παράγεται θερμότητα που μπορεί να αξιοποιηθεί. Στο Σχήμα 6 απεικονίζεται η τυπική διάταξη της κυψέλης καυσίμου:



Εικόνα 4-6: Λειτουργία κυψέλης καυσίμου

Το απαιτούμενο υδρογόνο παράγεται από ορυκτά καύσιμα και συνήθως μεθάνιο (CH4), που αποτελεί το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου. Ορισμένοι τύποι κυψελών μπορούν να λειτουργήσουν επίσης και με διοξείδιο του άνθρακα ή υδρογονάνθρακες. Πρόκειται για τεχνολογία που βρίσκεται στο στάδιο της έρευνας και ανάπτυξης. εν είναι πλατιά γνωστή και διαδεδομένη ακόμη, αλλά έχει πολύ καλές προοπτικές

εφαρμογών στη συμπαραγωγή. Οι κυψέλες καυσίμου είναι κατάλληλες για συμπαραγωγή στον βιομηχανικό και εμπορικό- κτιριακό τομέα (ιδιαίτερα σε συνδυασμό με το φυσικό αέριο).

Οι χαμηλές εκπομπές ρύπων και η χαμηλή στάθμη θορύβου κάνουν τις κυψέλες καυσίμου πιο κατάλληλες από άλλα συστήματα για εγκατάσταση και λειτουργία σε κατοικημένες περιοχές και σε κτίρια όπως ξενοδοχεία, νοσοκομεία, κ.λ.π. Μειονεκτήματα, που εμποδίζουν προς το παρόν την πλατιά διάδοσή τους, είναι:

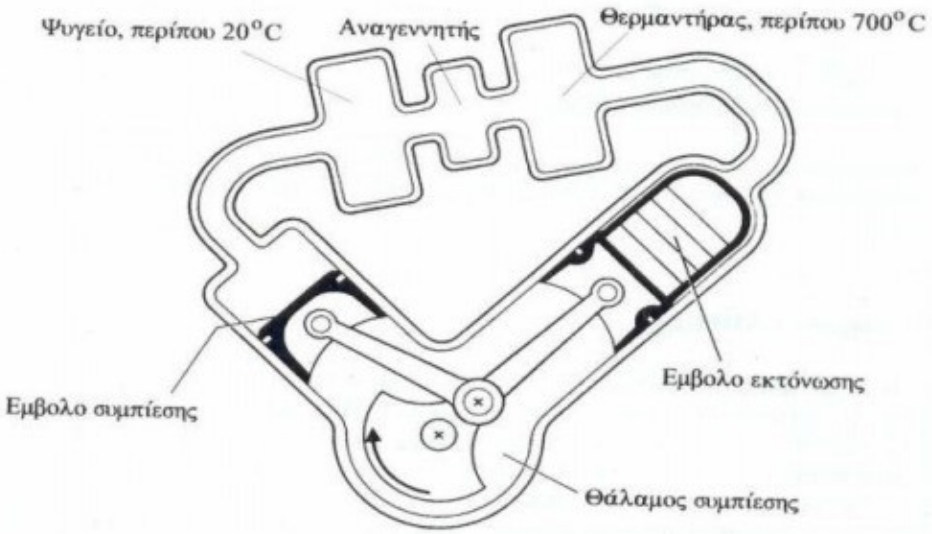
- το υψηλό κόστος κατασκευής και
- η σχετικά μικρή διάρκεια ζωής.

Οι προσπάθειες για αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών συνεχίζονται με προγράμματα έρευνας και ανάπτυξης καθώς και με κατασκευή επιδεικτικών μονάδων.

4.3.7 Μηχανές Stirling

Η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας είναι επίσης δυνατή με μηχανές Stirling. Η τεχνική αυτή δεν έχει ακόμα αναπτυχθεί και διαδοθεί αρκετά, αλλά το ενδιαφέρον για την ανάπτυξή της έχει αυξηθεί τελευταία, χάρη στα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει σε σύγκριση με συστήματα κινητήρων Diesel, αεριοστρόβιλων ή ατμοστροβίλων: δυνατότητα υψηλότερου βαθμού απόδοσης, μεγαλύτερη ευελιξία καυσίμου, καλή συμπεριφορά σε μερικό φορτίο, χαμηλές εκπομπές ρύπων, χαμηλή στάθμη θορύβου και κραδασμών.

Παρακάτω φαίνεται η λειτουργία μιας μηχανής Stirling. Συγκεκριμένα, αέριο συμπιέζεται και εκτονώνεται σε διάταξη κυλίνδρου-δύο εμβόλων με αποτέλεσμα την περιστροφή του στροφαλοφόρου άξονα. Το αέριο θερμαίνεται σε εναλλάκτη θερμότητας χωρίς να συμμετέχει στην καύση.



Εικόνα 4-7 : Λειτουργία μηχανής Stirling

4.4 Πλεονεκτήματα και επιπτώσεις της συμπαραγωγής

Η συμπαραγωγή μπορεί να έχει τόσο θετικές όσο και αρνητικές επιπτώσεις στην εξάντληση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, στο σύστημα ηλεκτρισμού της χώρας, στο περιβάλλον, στην κοινωνία. Οι πιθανές αρνητικές επιπτώσεις μπορούν να μετριασθούν και να εξαλειφθούν με σωστή επιλογή του είδους και

της θέσης του συστήματος συμπαραγωγής, με προσεκτική ένταξή του στο ευρύτερο ενεργειακό σύστημα της περιοχής ή της χώρας και με την επιμελημένη συντήρηση κατά τη διάρκεια της ζωής του. Ακολουθεί αναλυτικότερη παρουσίαση των επιπτώσεων αυτών.

Επιπτώσεις στην κατανάλωση καυσίμων

Όλα τα συστήματα συμπαραγωγής εξοικονομούν καύσιμο διότι έχουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης από τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Για παράδειγμα, ένα σύστημα συμπαραγωγής ατμοστροβίλου μειώνει την κατανάλωση καυσίμου κατά 15% περίπου (σε σύγκριση με τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού με μονάδα ατμοστροβίλου και θερμότητας με λέβητα), ένα σύστημα συμπαραγωγής με κινητήρα Diesel τη μειώνει κατά 25% (σε σύγκριση με τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού με ντιζελοκίνητη ηλεκτρογεννήτρια και θερμότητας με λέβητα) κ.ο.κ.

Όμως, το εάν ένα σύστημα συμπαραγωγής εξοικονομεί ακριβό, εισαγόμενο και μη ανανεώσιμο καύσιμο, π.χ. πετρέλαιο, εξαρτάται από το καύσιμο που το ίδιο το σύστημα συμπαραγωγής χρησιμοποιεί και τα καύσιμα που χρησιμοποιούν τα συστήματα χωριστής παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, τα οποία θα αντικατασταθούν από το σύστημα συμπαραγωγής. Μία επιπλέον βελτίωση του βαθμού εκμετάλλευσης των καυσίμων προκύπτει από το γεγονός ότι τα συστήματα συμπαραγωγής βρίσκονται συνήθως πιο κοντά στους καταναλωτές απ' ότι οι κεντρικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής. Έτσι, περιορίζονται οι απώλειες μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, που είναι της τάξεως του 8-10%.

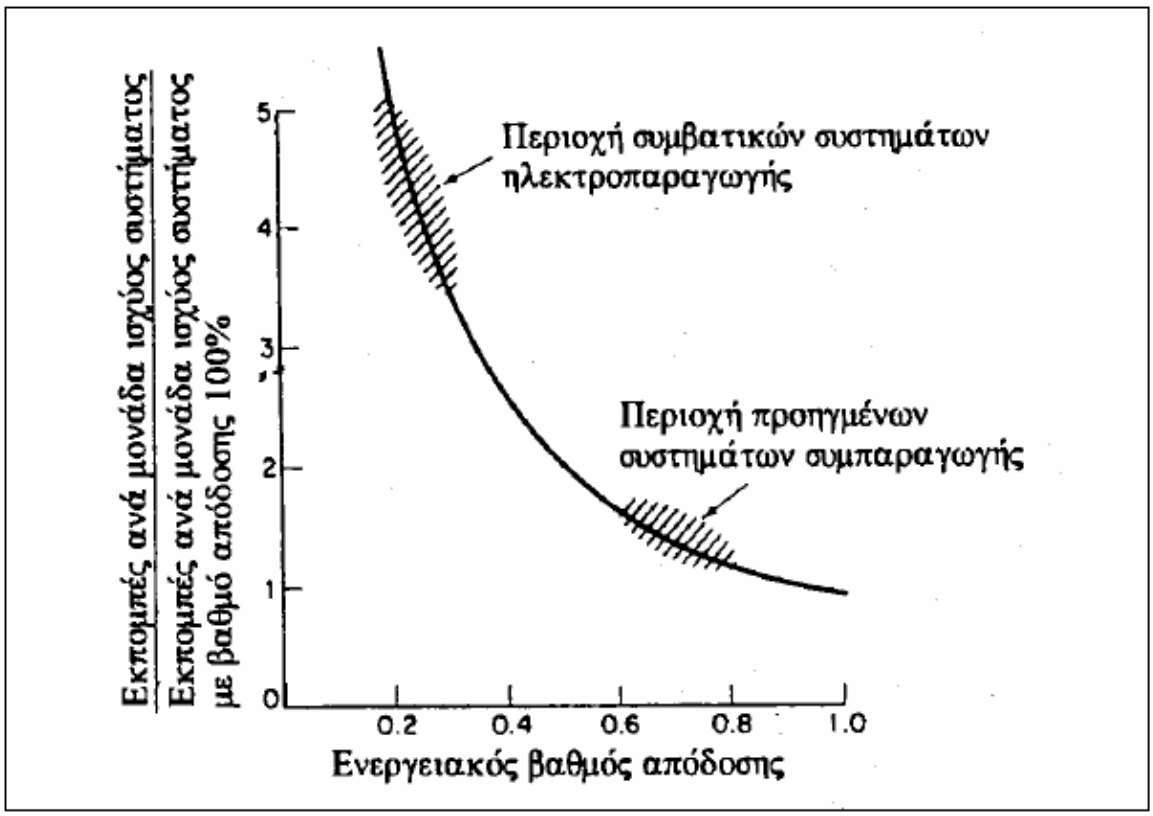
Επιπτώσεις στο σύστημα ηλεκτρισμού της χώρας

Προκειμένου να αντιμετωπισθεί η μελλοντική αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας, απαιτείται η κατασκευή νέων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Η διάδοση της συμπαραγωγής αυξάνει το δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής και περιορίζει τις ανάγκες κατασκευής νέων κεντρικών σταθμών, προσφέροντας έτσι σημαντική εξοικονόμηση κεφαλαίων της εταιρείας ηλεκτρισμού. Καθώς τα συστήματα συμπαραγωγής έχουν μικρότερο μέγεθος και βραχύτερο χρόνο εγκατάστασης από τους μεγάλους κεντρικούς σταθμούς, προσφέρουν μεγαλύτερη ευελιξία και προσαρμοστικότητα σε απρόβλεπτες μελλοντικές μεταβολές της ζήτησης ηλεκτρισμού. Ο μικρός χρόνος εγκατάστασης των συστημάτων συμπαραγωγής συντελεί επίσης σε περιορισμό του χρηματοοικονομικού κόστους, που συμβάλλει με τη σειρά του στη μείωση του μοναδιαίου κόστους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας.

Πολλές μικρές μονάδες συμπαραγωγής που λειτουργούν παράλληλα με τους κεντρικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, αυξάνουν την αξιοπιστία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά είναι ενδεχόμενο να δημιουργήσουν προβλήματα ευστάθειας του δικτύου. Τα προβλήματα αυτά περιορίζονται ή και αποφεύγονται, όταν το σύστημα συμπαραγωγής και η σύνδεσή του με το δίκτυο πληρούν ορισμένες προδιαγραφές. Η συνεννόηση με τις αρμόδιες υπηρεσίες της εταιρείας ηλεκτρισμού είναι απαραίτητη για το σκοπό αυτόν.

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Χάρη στην αποδοτικότερη εκμετάλλευση του καυσίμου, η συμπαραγωγή συντελεί σε άμεση μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων, όπως δείχνει και το σχήμα 8, με την προϋπόθεση ότι το καύσιμο που χρησιμοποιείται δεν είναι κατώτερης ποιότητας από εκείνο της χωριστής παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας. Η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου συνοδεύεται επίσης από μια έμμεση μείωση ρύπων απ' τον υπόλοιπο κύκλο καυσίμου: εξόρυξη, επεξεργασία, μεταφορά, αποθήκευση. Η ποσοτικοποίηση του κόστους αυτού είναι δύσκολη και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες: τεχνολογία, καύσιμο, τοπικές συνθήκες, κ.λ.π.



Εικόνα 4-8: Εκπομπή χημικών ρύπων ως συνάρτηση του βαθμού απόδοσης συστημάτων

Όταν πολλές μικρές και διεσπαρμένες μονάδες συμπαραγωγής αντικαθιστούν μεγάλους κεντρικούς σταθμούς με υψηλές καπνοδόχους, τότε δεν είναι εξασφαλισμένη η βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος. Οι κεντρικοί σταθμοί βρίσκονται κατά κανόνα έξω από τα αστικά κέντρα και οι υψηλές καπνοδόχοι συντελούν σε ικανοποιητικό διασκορπισμό των ρύπων. Αντίθετα, οι μικρές μονάδες συμπαραγωγής, που έχουν σχετικά χαμηλότερες καπνοδόχους, είναι εγκατεστημένες κοντά ή και μέσα στις κατοικημένες περιοχές επιβαρύνοντας το περιβάλλον τους.

Οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις

Οι οικονομικές επιπτώσεις της συμπαραγωγής στο σύστημα ηλεκτρισμού της χώρας οδηγούν στην μείωση του συνόλου των δαπανών για εισαγόμενα καύσιμα. Στις σχετικές οικονομικές αναλύσεις, πρέπει στο κόστος εισαγωγής να προστίθεται το κόστος επεξεργασίας και διακίνησης του καυσίμου καθώς και το κόστος προστασίας του περιβάλλοντος και αποκατάστασης των ζημιών, που μπορεί να προκληθούν όχι μόνο από τη συστηματική εκπομπή ρύπων αλλά και από πιθανά ατυχήματα (διαρροές κ.λ.π).

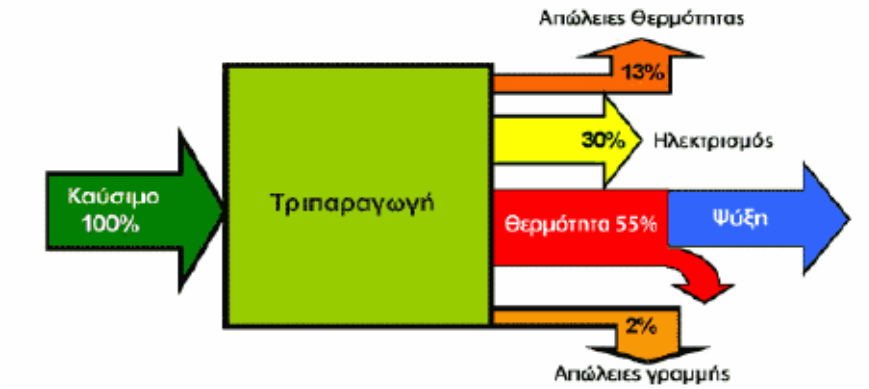
Είναι γνωστό ότι οι κεντρικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής κατασκευάζονται σε μεγάλα μεγέθη και εγκαθίστανται σε απομακρυσμένες περιοχές. Αντίθετα, οι μονάδες συμπαραγωγή συνήθως είναι μικρότερου μεγέθους και εγκαθίστανται πιο κοντά σε κατοικημένες περιοχές. Η διασπορά τους σε διάφορες πόλεις της χώρας δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας στην κάθε περιοχή, συγκρατεί εκεί το εργατικό δυναμικό και συμβάλλει στην οικονομική ανάπτυξη του τόπου με την ανάπτυξη νέων δραστηριοτήτων, που σχετίζονται με την κατασκευή, συντήρηση και λειτουργία των μονάδων.

4.5 Τριπαραγωγή (trigeneration)

4.5.1 Γενικά

Η τριπαραγωγή συνεπάγεται ταυτόχρονη παραγωγή και εκμετάλλευση ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας ή ψύξης από ένα και μοναδικό καύσιμο. Στον τριτογενή τομέα των νότιων υρωπαϊκών χωρών, η ανάγκη για θερμότητα περιορίζεται σε λίγους χειμερινούς μήνες. Υπάρχει όμως, σημαντική ανάγκη για ψύξη

κλιματισμό κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Η θερμότητα σε μια εγκατάσταση συμπαραγωγής, στη περίπτωση αυτή, χρησιμοποιείται για την παραγωγή ψύξης μέσω κύκλων απορρόφησης. Αυτή η «διευρυμένη» διαδικασία συμπαραγωγής είναι γνωστή ως τριπαραγωγή ή συνδυασμένη παραγωγή Ηλεκτρισμού, θερμότητας και Ψύξης (ΣΗΘΨ - Combined Heat Cooling and Power Generation, CHCP). Το Σχήμα 9 παρουσιάζει σχηματικά την λειτουργία της τριπαραγωγής, όπου η καύση του καυσίμου αξιοποιείται κατά 30% για ηλεκτρικές ανάγκες και 55% για θέρμανση – ψύξη, υπολογίζοντας τις συνολικές απώλειες σε 15%.



Εικόνα 4-9: Αρχές λειτουργίας τριπαραγωγής

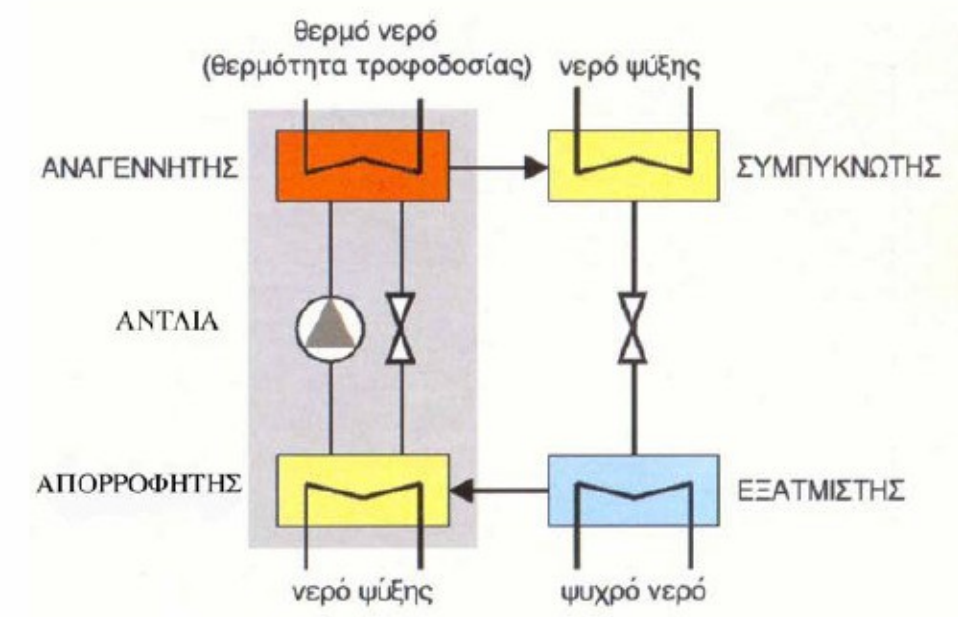
Η τριπαραγωγή, αποτελείται από συστήματα ΣΗΘ σε συνδυασμό με ψύκτες απορρόφησης.

4.5.2 Ψύξη απορρόφησης

Οι ψύκτες απορρόφησης, ο μηχανισμός που παράγει ψύξη, χρησιμοποιώντας τη θερμότητα της διαδικασίας συμπαραγωγής, είναι το δεύτερο σημαντικότερο κομμάτι σε μια εγκατάσταση τριπαραγωγής.

4.5.3 Βασική αρχή μιας μηχανής ψύξης απορρόφησης

Στην απλή του μορφή, ένας ψύκτης απορρόφησης αποτελείται από έναν εξατμιστή, έναν συμπυκνωτή, έναν απορροφητή, μια γεννήτρια και μια αντλία διαλύματος.



Εικόνα 4-10: Λειτουργία Κύκλου ψύξης σε ΣΗΘ

Το απορροφητικό διάλυμα (Libr-H2O ή NH3–H2O) αναρροφάται από την αντλία του διαλύματος και καταθλίβεται μέσα στη θερμογεννήτρια. Εκεί, το διάλυμα θερμαίνεται από μια θερμαντική πηγή (ήλιος, ηλεκτρικές αντιστάσεις, ατμός, καυσαέρια, κλπ.) για να διαχωρισθεί αφ΄ ενός, και για να υψωθεί η

θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου αφετέρου. Στη συνέχεια, το ψυκτικό μέσο (ατμοί αμμωνίας ή ατμοί νερού) μπαίνουν στο συμπυκνωτή και συμπυκνώνονται. Εξερχόμενο το ψυκτικό μέσο από το συμπυκνωτή, σε υγρή φάση, περνάει από την εκτονωτική βαλβίδα, όπου εκτονούμενο πέφτει η πίεση και η θερμοκρασία του στα επίπεδα λειτουργίας του εξατμιστή. Τώρα, με χαμηλή πίεση και θερμοκρασία το ψυκτικό μέσο μπαίνει στον εξατμιστή και εξατμίζεται. Τέλος, οι ατμοί του ψυκτικού μέσου κατευθύνονται προς τον απορροφητήρα, όπου αναμειγνυόμενοι, είτε με το νερό είτε με το βρωμιούχο λίθιο, σχηματίζουν το αρχικό απορροφητικό διάλυμα, το οποίο αναρροφούμενο πάλι από την αντλία καταθλίβεται μέσα στη θερμογεννήτρια για να ξαναρχίσει ένας νέος κύκλος ψύξης.

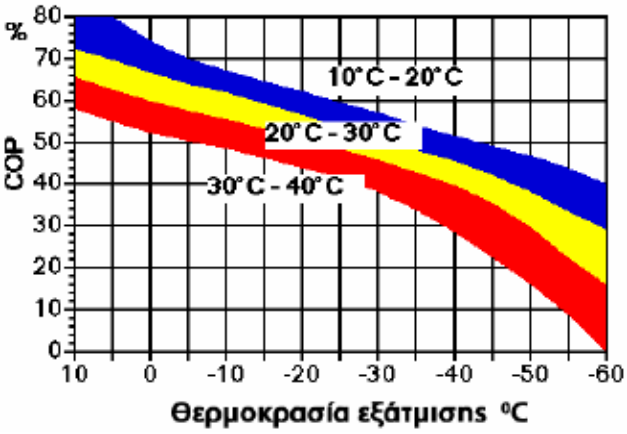
4.5.4 Ψύκτες Li-Br

Τα περισσότερα συστήματα με νερό/LiBr ως ζεύγος εργασίας έχουν σχεδιαστεί για εφαρμογές κλιματισμού. Για ιστορικούς λόγους οι δυναμικότητες δίδονται σε ψυκτικούς τόνους RT (ΗΠΑ). Ένας ψυκτικός τόνος αντιστοιχεί περίπου σε 3,5 kWth παραγόμενης ψύξης.

4.5.5 Ψύκτες αμμωνίας – νερού

Οι ψύκτες αμμωνίας - νερού σχεδιάστηκαν αρχικά για βιομηχανικές εφαρμογές ψύξης, π.χ για ψύξη τροφών, χαμηλές με θερμοκρασίες εξάτμισης μέχρι -60°C. Αυτό το είδος των μηχανών είναι προτεινόμενο να χρησιμοποιείται όταν απαιτούνται θερμοκρασίες κάτω από 0°C, αφού οι μονάδες με νερό/LiBr δε μπορούν να λειτουργήσουν στις θερμοκρασίες αυτές. Η θερμοκρασία στην οποία πρέπει να παρέχεται ο ατμός για να «πυροδοτήσει» μια μονάδα εξαρτάται από τη διαθέσιμη θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού και από τη θερμοκρασία ψύξης που χρειάζεται να επιτευχθεί.

Παρακάτω φαίνεται η σχέση της θερμοκρασίας εξάτμισης με τον συντελεστή απόδοσης του ψύκτη αμμωνίας – νερού:



Εικόνα 4-11: ιάγραμμα συντελεστή απόδοσης συναρτήσει θερμοκρασίας εξάτμισης και θερμοκρασίας νερού ψύξης

4.5.6 Πλεονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση ψύκτη απορρόφησης αντί για ηλεκτρικό ψύκτη μπορεί να είναι:

- Οικονομικά:
  - έως 38% χαμηλότερο κόστος λειτουργίας
  - μείωση δαπανών για ηλεκτρικό ρεύμα εξ αιτίας της ελάττωσης των αιχμών ζήτησης
  - ισοδύναμο κόστος συντήρησης
  - δεν απαιτείται εγκατάσταση ηλεκτρικού υποσταθμού
  - εξοικονόμηση πόρων και χρήση τους σε άλλες επενδύσεις
  - εξοικονόμηση χώρου στην περιοχή εγκατάστασης
- Περιβαλλοντικά
  - διεύρυνση της χρήσης καυσίμων και τεχνολογιών φιλικών προς το περιβάλλον

- χρήση νερού αντί για CFC's ή HCFC's ως ψυκτικού μέσου
- μείωση των εκπομπών ρύπων από τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος
- ακίνδυνη λειτουργία

- Ενεργειακά
  - μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας
  - μείωση του μέγιστου φορτίου
  - υποκατάσταση της ηλεκτρικής ενέργειας από φυσικό αέριο σε κρίσιμες περιόδους
  - ελάττωση 40-50% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ισχύος σε ένα σπίτι
  - οποιαδήποτε απορριπτόμενη θερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πηγή θερμότητας
  - 'ανακούφιση' των δικτύων ηλεκτρισμού κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και αύξηση της σταθερότητάς τους

4.5.7 Μειονεκτήματα

Εκτός από τα πλεονεκτήματα οι μονάδες συμπαραγωγής με ψύκτες απορρόφησης παρουσιάζουν και κάποια μειονεκτήματα τα σημαντικότερα από τα οποία είναι:

- μεγάλος χρόνος εκκίνησης λόγω της θερμικής αδράνειας
- υψηλή απορριπτόμενη ενέργεια συνεπάγεται μεγαλύτερο μέγεθος πύργου ψύξης
- υψηλότερο κόστος επένδυσης ανά ψυκτικό kW σε σχέση με τους συμβατικούς ηλεκτρικούς ψύκτες

4.5.8 Ψύξη και θέρμανση με αντλία θερμότητας

Ορισμός αντλίας θερμότητας

Η αντλία θερμότητας είναι η συσκευή που αντλεί θερμική ενέργεια από μια θερμή δεξαμενή (αναφέρεται ως πηγή) που βρίσκεται σε χαμηλή θερμοκρασία προς μια καταβόθρα (συνήθως αέρας ή νερό) που βρίσκεται σε υψηλότερη θερμοκρασία είτε (α) με την χρήση μηχανικού έργου είτε (β) με την βοήθεια μιας θερμής δεξαμενής πολύ υψηλής θερμοκρασίας. Η αρχή λειτουργίας της αντλίας θερμότητας πρωτοεφαρμόστηκε ως επί το πλείστον στα συνήθη ψυγεία και καταψύκτες, τα κλιματιστικά και εν συνεχεία σε συσκευές παραγωγής ζεστού νερού χρήσης. Πολλές φορές ταυτίζεται ο όρος Αντλία Θερμότητας με το κλιματιστικό. Η διαφορά μεταξύ μιας αντλίας θερμότητας και ενός κοινού κλιματιστικού είναι ότι η αντλία θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη λειτουργώντας βάση του ίδιου θερμοδυναμικού κύκλου του οποίου η λειτουργία μπορεί να αντιστραφεί ανάλογα με την ανάγκη (θέρμανση ή ψύξη). Σε ψυχρά κλίματα είναι μάλιστα σύνηθες να σχεδιάζονται και να κυκλοφορούν στην αγορά αντλίες θερμότητας μόνο για θέρμανση ενώ στα θερμότερα κλίματα είναι σύνηθες η χρήση αυτών των μηχανών τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη.

4.5.9 Ορισμός δεικτών COP και EER

Ο συντελεστής επίδοσης (COP) και ο λόγος ή δείκτης ενεργειακής αποδοτικότητας (EER) περιγράφουν την αποδοτικότητα θέρμανσης και ψύξης των κλιματιστικών μηχανημάτων. είχνουν λοιπόν την αναλογία της θέρμανσης ή της ψύξης που παρέχεται από μια μονάδα σχετικά με το ποσό ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για να την παράγει. Κατά συνέπεια, εάν ένα κλιματιστικό μηχάνημα παράγει 5 kW της θερμότητας από 1 kW ηλεκτρική εισαγωγή, ο COP είναι 5. Ομοίως, εάν ένα κλιματιστικό μηχάνημα παράγει 5 kW της ψύξης από 1kW ηλεκτρική εισαγωγή, ο EER είναι 5. Ο δείκτης COP χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει τους ψύκτες απορρόφησης και τις αντλίες θερμότητας θέρμανσης, ενώ ο EER χαρακτηρίζει τις αντλίας θερμότητας ψύξης. Αξίζει να αναφερθεί, ότι ο ορισμός των δύο παραπάνω δεικτών χρήζει ιδιαίτερης σημασίας, αφού όσο υψηλότερες τιμές λαμβάνουν, τόσο ενεργειακά αποδοτικότερος είναι ο εξοπλισμός.

4.6 Συμπεράσματα για τη χρήση συμπαραγωγής

Η συμπαραγωγή στη χώρα μας, όπως και στις περισσότερες χώρες, αφορά τον βιομηχανικό τομέα, την

τηλεθέρμανση και τηλεψύξη, καθώς και μερικά κτήρια. Στον ελλαδικό χώρο υπάρχουν ήδη τέσσερα δίκτυα συνδυασμένης τηλεθέρμανσης–ψύξης μαζί με μονάδες συμπαραγωγής, οι οποίες ωστόσο απαιτούν υψηλές επενδύσεις, ενώ έχουν πολλαπλά περιβαλλοντικά οφέλη. Η ανάπτυξη σε εφαρμογές των συστημάτων ΣΗΘ αφορούν κυρίως τον τομέα της τριπαραγωγής, ιδιαίτερα στην Ελλάδα. Όμως οι δυσκολίες στην αντικατάσταση των συμβατικών παλιών συστημάτων κλιματισμού είναι πολλές και απαιτούνται νέοι τρόποι διασύνδεσης με το υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο. Συνεπώς η ΣΗΘ είναι ένα κατάλληλο εργαλείο για την αποκεντρωμένη παραγωγή, αφού εκτός των άλλων, έχει μεγάλη συνεισφορά στη μείωση του CO2. Υπάρχει η δυνατότητα για διπλασιασμό του συμπαραγωγικού ηλεκτρισμού μέχρι το 2015 και δυνατότητα για παραγωγή του 22% της συνολικής παραγόμενης ενέργειας στην ΕΕ, σύμφωνα με στοιχεία του ΤΕΕ. Οι εφαρμογές μικρής κλίμακας συστημάτων ΣΗΘ έχουν πολλά πλεονεκτήματα, ιδιαίτερα στον τριτογενή και στον οικιακό τομέα, αλλά και σοβαρό δυναμικό για ΣΗΘ με βιομάζα στα νησιά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

Νομοθετικό πλαίσιο για έργα ΑΠΕ

5.1 Νομοθεσία

Οι πρώτες προσπάθειες για ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών στην Ελλάδα ξεκίνησαν το 1985 με τον πρώτο νόμο για θέματα ηλεκτροπαραγωγής από εναλλακτικές μορφές ενέργειας.Μετά η επόμενη ουσιαστική προσπάθεια έγινε το 1994 όπου θεσπίστηκαν ευνοϊκές ρυθμίσεις για τις Α.Π.Ε. και είχαμε την έντονη εμφάνιση επενδυτικού ενδιαφέροντος από την πλευρά των ιδιωτών.Οι τελικές ρυθμίσεις έγιναν απο το 2001 μέχρι και το 2006 όπου είχαμε και τον τελευταίο και ευνοϊκότερο νόμο για τις Α.Π.Ε. και ειδικά για τα φωτοβολταϊκά.Οι νομοθετικές διατάξεις που αφορούν τις Α.Π.Ε. είναι οι εξής :

Ν. 2244/94: "Ρύθμιση θεμάτων Ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις"

Το θεσμικό πλαίσιο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (ΑΠΕ) στην Ελλάδα καθορίζεται από το νόμο 2244/94. Ο νόμος αυτός άλλαξε σημαντικά το τοπίο επιχειρώντας να δώσει ισχυρά οικονομικά κίνητρα για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα με την προσέλκυση ιδιωτικών κεφαλαίων. Η βασική κατεύθυνση του ν. 2244/94 εναρμονίζεται με τα μέτρα και τις διατάξεις που ισχύουν σχεδόν σε όλες τις χώρες της Ε.Ε. με σκοπό την αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο.

Τα κύρια σημεία του ν. 2244/94 μπορούν να συνοψισθούν στα παρακάτω:

· Επιτρέπεται η παραγωγή και διάθεση ηλεκτρικής ενέργειας από ανεξάρτητους παραγωγούς (ΑΠ) εφ' όσον χρησιμοποιούνται ΑΠΕ.
· Επιβάλλεται στη %ΕΗ η υποχρέωση να αγοράζει την ενέργεια που παράγεται από ανεξάρτητους παραγωγούς.
· Προσφέρονται ιδιαίτερα ελκυστικές και σχετικά σταθερές τιμές στους ΑΠ από ΑΠΕ που συνδέονται με τα τιμολόγια των καταναλωτών.
· Παρέχεται σταθερό επιχειρησιακό περιβάλλον με τη σύναψη μακροχρόνιων (10ετών) συμβολαίων αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Υ.Α. 8295/1995 (ΦΕΚ Β΄ 385): "Α. 3ιαδικασίες και δικαιολογητικά που απαιτούνται για την έκδοση των αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών ηλεκτροπαραγωγής - Β. Καθορισμός γενικών τεχνικών και οικονομικών όρων των συμβάσεων μεταξύ παραγωγών και 3ΕΗ, λεπτομέρειες διαμόρφωσης των τιμολογίων καθώς και όροι διασύνδεσης"

Με την Υπουργική Απόφαση αυτή ορίζονται οι διαδικασίες και τα απαραίτητα δικαιολογητικά που απαιτούνται για την έκδοση:

· Άδειας εγκατάστασης ή επέκτασης λειτουργίας σταθμών ηλεκτρικής ενέργειας
· Άδειες λειτουργίας σταθμών ηλεκτρικής ενέργειας
· Γενικά δικαιολογητικά σταθμών ηλεκτρικής ενέργειας
· Πρόσθετα δικαιολογητικά κατά περίπτωση
· Σύμβαση αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ ΔΕΗ και ανεξάρτητου παραγωγού.
· Καθορισμός γενικών τεχνικών και οικονομικών όρων των συμβάσεων μεταξύ παραγωγών και ΔΕΗ, λεπτομέρειες διαμόρφωσης των τιμολογίων καθώς και όροι διασύνδεσης.

Ν. 2647/98 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 237/22-10/98): «Μεταβίβαση αρμοδιοτήτων στις περιφέρειες και την αυτοδιοίκηση και άλλες διατάξεις».

Με το νόμο αυτό ορίζονται οι αρμοδιότητες που μεταβιβάζονται από την Κεντρική Διοίκηση στις Περιφέρειες και την Αυτοδιοίκηση.

Οι σχετικές με την παραγωγή ενέργειας αρμοδιότητες του Υπουργού Ανάπτυξης που μεταβιβάζονται στις Περιφέρειες περιλαμβάνουν:
· Χορήγηση άδειας εγκατάστασης, λειτουργίας και επέκτασης ή ανάνέωσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση ΑΠΕ.
· Χορήγηση άδειας χρήσης νερού σε περιπτώσεις μικρών υδροηλεκτρικών έργων καθώς και χορήγηση ενιαίας άδειας χρήσης νερού και εκτέλεσης έργου αξιοποίησης υδατικών πόρων.
· Εκμίσθωση γεωθερμικού πεδίου χαμηλής ενθαλπίας.
· Επιβολή κυρώσεων σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής.

Ν. 2773/99: "Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας – Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις"

Ο νόμος αυτός καθορίζει το βασικό πλαίσιο ρύθμισης της απελευθερωμένης αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας που άρχισε να ισχύει από τον Φεβρουάριο του 2001 σύμφωνα με την Οδηγία 96/92 της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Ο νόμος αυτός περιλαμβάνει:
· Την σύσταση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ) ως ανεξάρτητης και αυτοτελούς διοικητικής αρχής που εποπτεύεται από τον Υπουργό Ανάπτυξης και τις αρμοδιότητές της.
· Την σύσταση του %ιαχειριστή του Ηλεκτρικού Συστήματος που θα εποπτεύεται από την ΡΑΕ
· Την απελευθέρωση της παραγωγής και εκμετάλλευσης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ, Συμπαραγωγή αλλά και από συμβατικά καύσιμα
· Την μετατροπή της %ΕΗ σε Ανώνυμη Εταιρεία.

Ν. 2941/01: **"Απλοποίηση διαδικασιών αδειοδότησης εταιρειών, αδειοδότησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ρύθμιση της Α.Ε. "ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ" και άλλες διατάξεις "**

Οι κυριότερες άξονες αυτού του νόμου είναι:

· Οι εξαιρέσεις, που ισχύουν για μεγάλα έργα υποδομής, επεκτείνονται και στις ΑΠΕ για την εντός δασών και δασικών εκτάσεων για την εγκατάσταση μεγάλων έργων υποδομής δημοσίου συμφέροντος.
· Η εγκατάσταση ηλιακών σταθμών και αιολικών πάρκων δεν απαιτεί έκδοση άδειας οικοδομής με εξαίρεση τα έργα πολιτικού μηχανικού.
· Έργα σύνδεσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση ΑΠΕ με το διασυνδεδεμένο Σύστημα μπορούν να κατασκευάζονται από οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο επενδυτή σύμφωνα με τις παρεχόμενες προδιαγραφές από το Διαχειριστή του Συστήματος και των Δικτύων.
· Τα έργα ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ συμπεριλαμβανομένων τη σύνδεση δικτύων, υποσταθμών και υποδομής εν γένει θεωρούνται έργα δημόσιας ωφέλειας.
· Παρέχεται η δυνατότητα έκδοσης κοινής υπουργικής απόφασης με την οποία καθορίζονται ευνοϊκότεροι όροι δόμησης εκτός σχεδίου . Οι αρμόδιες Διευθύνσεις Σχεδιασμού και Ανάπτυξης των οικείων Περιφερειών για την έκδοση αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας δρώσες κατά μια έννοια στην αρχή της μίας στάσης (one-stop shop).

Υ.Α. 2000/2002: "3ιαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών και τύποι συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας"

Η Υπουργική Απόφαση αυτή καθορίζει τη διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης ή επέκτασης. Γενικά δικαιολογητικά...Ειδικά δικαιολογητικά. Άδειες λειτουργίας. Τύποι συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας.

Υ.Α. 1726/2003: "3ιαδικασία προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης και αξιολόγησης, έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, καθώς και έγκρισης επέμβασης ή παραχώρησης δάσους ή δασικής έκτασης στα πλαίσια της έκδοσης άδειας εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας"

Με τις διατάξεις της ΚΥΑ 1726/18.04.2003 (ΦΕΚ Β΄ 552), ρυθμίζεται η διαδικασία προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης και αξιολόγησης, έγκρισης περιβαλλοντικών όρων καθώς και έγκρισης επέμβασης ή παραχώρησης δάσους ή δασικής έκτασης στο πλαίσιο της έκδοσης άδειας εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση Α.Π.Ε. Συγκεκριμένα, ορίζονται οι αρμόδιες αδειοδοτούσες υπηρεσίες, καθώς και οι γνωμοδοτούσες υπηρεσίες που συμμετέχουν στη σχετική διαδικασία. Επίσης, προβλέπονται τα αντικείμενα των γνωμοδοτήσεων αυτών, η διαδικασία για την έκδοση έγκρισης επέμβασης, οι προθεσμίες εντός των οποίων πρέπει να ενεργούν οι ανωτέρω αρμόδιες υπηρεσίες, καθώς και το περιεχόμενο των σχετικών φακέλων. Τέλος, παρέχεται η δυνατότητα στους ιδιοκτήτες αιολικών πάρκων να μεταβάλουν μέχρι 15% την ισχύ του και να αναχωροθετήσουν τις ανεμογεννήτριες χωρίς να απαιτείται τροποποίηση των περιβαλλοντικών όρων ή της άδειας εγκατάστασης

Ν. 3175/2003: "Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση και άλλες διατάξεις"
Ο νόμος αυτός δημιουργεί τις προϋποθέσεις για την ορθολογική αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού της χώρας, ως ανανεώσιμης πηγής ενέργειας. Συνοπτικά, κάθε γεωθερμικό πεδίο αντιμετωπίζεται ως ενιαίο κοίτασμα-πηγή ώστε να αποφεύγεται ο κατακερματισμός που προέκυπτε από τις επί μέρους μισθωτικές εκχωρήσεις.
Ο νόμος αναλυτικότερα περιλαμβάνει:

- Την άσκηση δικαιώματος έρευνας και διαχείρισης γεωθερμικού δυναμικού
- Τους όρους και αρμοδιότητες εκμίσθωσης διαχείρισης γεωθερμικών πεδίων
- Τις υποχρεώσεις και τα δικαιώματα μισθωτών γεωθερμικών πεδίων, εκχώρηση των μισθωτικών δικαιωμάτων και ποινικές και διοικητικές κυρώσεις.
- Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμία
- Ενεργειακά συστήματα θέρμανσης και ψύξης.
- Διανομή θερμικής ενέργειας σε τρίτους

5.2 Τιμολόγηση Ενέργειας απο ΑΠΕ

Νόμος N.3908/11 (ΦΕΚ Α' 8/1.2.2011): "Ενίσχυση Ιδιωτικών Επενδύσεων για την Οικονομική Ανάπτυξη, την Επιχειρηματικότητα και την Περιφερειακή Συνοχή. "

Οι εκάστοτε αναπτυξιακοί νόμοι, καθορίζουν πλαίσια ενίσχυσης της επιχειρηματικής δραστηριότητας που έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας, την προστασία του περιβάλλοντος και την επίτευξη της περιφερειακής σύγκλισης, μέσω επιδοτήσεων και απαλλαγών που καλύπτουν, όπως είναι αναμενόμενο, και τις επενδύσεις σε έργα ηλεκτροπαραγωγής με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

Με το άρθρο 10 του Ν.3816 (ΦΕΚ Α’6/26.1.2010) ανεστάλη η υποβολή αιτήσεων υπαγωγής επενδυτικών

σχεδίων στις διατάξεις του αναπτυξιακού νόμου 3299/2004.
Τον Ιανουάριο του 2010 ψηφίστηκε νέος αναπτυξιακός νόμος (Ν.3908/2011, ΦΕΚ.Α'8/1.2.2011), που όμως εξαιρεί από το καθεστώς των ενισχύσεών του την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ειδικά από Φωτοβολταϊκά συστήματα (άρθ.2, §3στ). Για την υπαγωγή έργων ηλεκτροπαραγωγής από άλλες μορφές ΑΠΕ πλην των Φ/Β, που μπορούν να ενταχθούν στα Γενικά Επενδυτικά Σχέδια του άρθρου 6, υποβάλλονται αιτήσεις κατά τους μήνες Απρίλιο και Οκτώβριο και μόνο. Εξαίρεση αποτελούν τα 'Μεγάλα Επενδυτικά Σχέδια' για τα οποία αιτήσεις υποβάλλονται οποτεδήποτε.
Στα επενδυτικά σχέδια που υπάγονται στις διατάξεις του Ν.3908 παρέχονται τα ακόλουθα είδη ενισχύσεων είτε μεμονωμένα, είτε συνδυαστικά (άρθ.4):

α) Απαλλαγή από την καταβολή φόρου εισοδήματος,
β) Επιχορήγηση που συνίσταται στη δωρεάν παροχή από το Δημόσιο χρηματικού ποσού για την κάλυψη τμήματος των ενισχυόμενων δαπανών, και
γ) Επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης που συνίσταται στην κάλυψη από το Δημόσιο τμήματος των καταβαλλόμενων δόσεων για την απόκτηση μηχανολογικού και λοιπού εξοπλισμού.

Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από:	**Τιμή Ενέργειας (€/MWh)**	
	Διασυνδεδεμένο Σύστημα	**Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά**
Αιολική ενέργεια που αξιοποιείται με χερσαίες εγκαταστάσεις ισχύος > 50 kW	87,85	99,45
Αιολική ενέργεια που αξιοποιείται με εγκαταστάσεις ισχύος ≤ 50 kW	250	
Υδραυλική ενέργεια που αξιοποιείται από μΥΗΣ με εγκατεστημένη ισχύ ≤ 15 MWe	87,85	
Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από Ηλιοθερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής	264,85	
Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από Ηλιοθερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με	284,85	

Πίνακας 5-1: Τιμολόγιση Ενέργειας

Σύμφωνα με την §2 του ίδιου άρθρου, οι τιμές του παραπάνω πίνακα (πλην φωτοβολταϊκών και ηλιοθερμικών σταθμών) προσαυξάνονται κατά 15% ως 20% ανάλογα με την περίπτωση, εφόσον έχουν υλοποιηθεί χωρίς την χρήση δημόσιας επιχορήγησης.

Ειδικά για τα Φωτοβολταϊκά εισήχθησαν καινούργιες ρυθμίσεις αναπροσαρμόζοντας τις τιμές μεσοπρόθεσμα και συνδέοντάς τες απευθείας με την μέση Οριακή Τιμή του Συστήματος (μΟΤΣ) μακροπρόθεσμα. Πιο συγκεκριμένα, η τιμολόγηση της ενέργειας από Φωτοβολταϊκούς σταθμούς (πλην εκείνων του ειδικού προγράμματος για Φ/Β σε κτίρια) γίνεται με βάση τον ακόλουθο πίνακα:

Έτος / Μήνας	Τιμή Ενέργειας (€/MWh)		
	Διασυνδεδεμένο Σύστημα		Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά
	Α	Β	Γ
	>100 kW	<=100 kW	>100 kW
2009Φεβρουάριος	400,00	450,00	450,00
2009 Αύγουστος	400,00	450,00	450,00
2010 Φεβρουάριος	400,00	450,00	450,00
2010 Αύγουστος	392,04	441,05	441,05
2011 Φεβρουάριος	372,83	419,43	419,43
2011 Αύγουστος	351,01	394,89	394,89
2012 Φεβρουάριος	333,81	375,54	375,54
2012 Αύγουστος	314,27	353,55	353,55
2013 Φεβρουάριος	298,87	336,23	336,23
2013 Αύγουστος	281,38	316,55	316,55
2014 Φεβρουάριος	268,94	302,56	302,56
2014 Αύγουστος	260,97	293,59	293,59
Για κάθε έτος *ν* από το **2015** και μετά	1,3 χμΟΤΣ$_{ν-1}$	1,4 χμΟΤΣ$_{ν-1}$	1,4 χμΟΤΣ$_{ν-1}$

Πίνακας 5-2: Τιμολόγιση Ενέργειας φωτοβολταϊκών

Οι τιμές του πίνακα αυτού:

α) μπορεί να μεταβάλλονται με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης που εκδίδεται μετά από γνώμη της ΡΑΕ. Για την μεταβολή αυτή λαμβάνονται κυρίως υπόψη η διείσδυση των Φωτοβολταϊκών σταθμών στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας, ο βαθμός επίτευξης των εθνικών στόχων διείσδυσης των ΑΠΕ και οι επιπτώσεις για τον καταναλωτή από τη σχετική επιβάρυνση λόγω του ειδικού τέλους ΑΠΕ και,
β) αναπροσαρμόζονται κάθε έτος, κατά ποσοστό 25% του δείκτη τιμών καταναλωτή του προηγούμενου έτους, όπως αυτός καθορίζεται από την Τράπεζα της Ελλάδος. Αν η τιμή που αναφέρεται στον παραπάνω πίνακα αναπροσαρμοσμένη κατά τα ανωτέρω, είναι μικρότερη της μέσης Οριακής Τιμής του Συστήματος, όπως αυτή διαμορφώνεται κατά το προηγούμενο έτος, προσαυξημένης κατά 30%, 40% και 40% αντίστοιχα για τις περιπτώσεις Α, Β και Γ του ανωτέρω πίνακα, η τιμολόγηση γίνεται με βάση τη μέση Οριακή Τιμή του Συστήματος του προηγούμενου έτους, προσαυξημένη κατά τους αντίστοιχους ως άνω συντελεστές.

5.3 Περιβαλλοντική αδειοδότηση των εγκαταστάσεων:

α) Για εγκαταστάσεις έως **20kW** δεν απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση**.**

β) Για εγκαταστάσεις από **20kW** έως **150kW** απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση η οποία περιλαμβάνει τα εξής στάδια: Ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση για διενέργεια Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης **(**ΠΠΕΑ**)** η οποία συνοδεύεται από Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων **(**ΠΠΕ**)** στη διεύθυνση Περιβάλλοντος Χωροταξίας **(3**ΙΠΕΧ**)** της οικείας Περιφέρειας**.** Η αίτηση συνοδεύεται από την εκδοθείσα απόφαση εξαίρεσης άδειας παραγωγής**.** Η σχετική απόφαση ΠΠΕΑ εκδίδεται εντός 15 ημερών από τον Γενικό Γραμματέα της Περιφέρειας, η οποία και διαβιβάζεται στο Οικείο Νομαρχιακό Συμβούλιο προκειμένου να ενημερωθούν οι πολίτες. Με την απόφαση αυτή και την επικαιροποιημένη ΠΠΕ ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση για Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων **(**ΕΠΟ**)**

στη διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης **(ΔΙ.ΣΑ.)** της Οικείας Περιφέρειας**.** Η σχετική απόφαση εγκρίνεται μετά από 1.5 μήνες και ενημερώνεται σχετικά και το οικείο Νομαρχιακό Συμβούλιο. Η ΕΠΟ ισχύει για δέκα **(10)** έτη**.**

γ) Για εγκαταστάσεις άνω των **150kW** και έως **2MW, ο** ενδιαφερόμενος καταθέτει στη ΡΑΕ την ΠΠΕ σε δύο (2) αντίγραφα. Η ΡΑΕ αναλαμβάνει να προωθήσει ένα αντίγραφο στη ΔΙΠΕΧ1 της αντίστοιχης Περιφέρειας γνωστοποιώντας στον ενδιαφερόμενο την προώθηση αυτή. Στην Υπηρεσία της Περιφέρειας ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει τα λοιπά δικαιολογητικά για τη διενέργεια ΠΠΕΑ. Μετά τη διενέργεια της ΠΠΕΑ (εντός διαστήματος 45 ημερών) η Περιφέρεια διαβιβάζει στη ΡΑΕ ένα θεωρημένο αντίγραφο του φακέλου που περιέχει την ΠΠΕ μαζί με τη σχετική γνωμοδότηση, ώστε να προχωρήσουν οι διαδικασίες για την έκδοση της άδειας παραγωγής. Με την απόφαση αυτή και την επικαιροποιημένη ΠΠΕ ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση για Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων **(**ΕΠΟ**)** στη %ιεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης **(ΔΙ.ΣΑ.)** της Οικείας Περιφέρειας**.** Η σχετική απόφαση εγκρίνεται μετά από 1.5 μήνες και ενημερώνεται σχετικά και το οικείο Νομαρχιακό Συμβούλιο.Η ΕΠΟ ισχύει για δέκα **(10)** έτη**.**

δ) Για εγκαταστάσεις άνω των **2MW** η διαδικασία για το στάδιο της ΠΠΕΑ είναι παρόμοια πως παραπάνω. Στη συνέχεια ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση για Έγκριση περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) στη ΔΙΣΑ της οικείας Περιφέρειας. Η αίτηση περιλαμβάνει την προηγούμενη απόφαση (ΠΠΕΑ) και Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων **(**ΜΠΕ**).** Η σχετική απόφαση εκδίδεται εντός 2.5 μηνών. Η ΕΠΟ ισχύει για δέκα **(10)** έτη**.**

ε) Για εγκαταστάσεις σε προστατευόμενες περιοχές **(Natura, Ramsar,** αισθητικά δάση**,** αρχαιολογικούς χώρους**,** κτλ**),** ανεξαρτήτως ισχύος**,** ακολουθείται παρόμοια διαδικασία μ' αυτήν της προηγούμενης περίπτωσης **(**γ**).**

5.4 Πώληση ηλεκτρικής ενέργειας

Η πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας θεωρείται εξασφαλισμένη εφόσον διαπιστωθεί η εφικτότητα των έργων σύνδεσης. Ο ΔΕΣΜΗΕ είναι υποχρεωμένος κατά την κατανομή φορτίου να δίνει προτεραιότητα σε παραγωγή ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Για τη σύνδεση των Φ/Β σταθμών με το δίκτυο απαιτείται σχετική τεχνική μελέτη η οποία ελέγχεται από τη ΔΕΗ**.** Η ΔΕΗ εκδίδει ένα προκοστολόγιο, για την δαπάνη σύνδεσης με το δίκτυο και δεσμεύεται για ένα έτος κρατώντας την σχετική προτεραιότητα μέχρι την υπογραφή της σύμβασης σύνδεσης. Η πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται κατόπιν σύναψης σύμβασης με τον διαχειριστή **(**ΔΕΣΜΗΕ**)** η οποία ισχύει για **10** χρόνια και μπορεί να παρατείνεται για άλλα **10** χρόνια**,** μονομερώς με έγγραφη δήλωση του παραγωγού, εφόσον αυτή υποβάλλεται τουλάχιστον 3 μήνες πριν από τη λήξη της αρχικής σύμβασης. Το ακριβές περιεχόμενο των συμβάσεων πώλησης θα καθορίζεται στην απόφαση
*6/Φ1/οικ.18359, Αρ. ΦΕΚ Β1442/2-10-2006.

5.5 Απαιτούμενα έγγραφα

Απαιτούμενα έγγραφα και στοιχεία που συνοδεύουν την Αίτηση για Χορήγηση Άδειας Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας σύμφωνα με τον νέο κανονισμό της ΡΑΕ.

<u>Μέρος 1 - Στοιχεία αιτούντος</u>
1. Όνομα / επωνυμία
2. Κατοικία / έδρα
3. Νόμιμος εκπρόσωπος ή διαχειριστής νομικού προσώπου, ένωσης εταιρειών ή κοινοπραξίας
4. Όνομα και στοιχεία επικοινωνίας (τηλέφωνο, φαξ, ταχυδρομική και ηλεκτρονική

διεύθυνση) του προσώπου το οποίο ορίζεται ως αντίκλητος του αιτούντος για την επικοινωνία με τη ΡΑΕ
5. Αν ο αιτών είναι νομικό πρόσωπο, κοινοπραξία ή ένωση εταιρειών, η σύνθεσή του ως προς τα ποσοστά των συμμετεχόντων σε αυτό
6. Εταιρική εικόνα του αιτούντος και συνοπτική παρουσίαση των επιχειρηματικών του %ραστηριοτήτων

Μέρος **2** – Περιγραφή του έργου
7. Προτεινόμενη θέση του σταθμού παραγωγής (τοποθεσία, δήμος, νομός)
8. Χρησιμοποιούμενη μορφή ενέργειας
9. Εγκατεστημένη ισχύς του σταθμού, αριθμός και τύπος των μονάδων που απαρτίζουν το σταθμό (MW)

Μέρος **3** –Ενεργειακή μελέτη και τεκμηρίωση δυναμικού ΑΠΕ
10. Ενεργειακή μελέτη
Παρουσίαση ενεργειακής μελέτης για τον υπολογισμό και τεκμηρίωση της παραγόμενης ενέργειας στη θέση εγκατάστασης του σταθμού βάσει του δυναμικού ΑΠΕ ή στην περίπτωση χρήσης ανανεώσιμου καυσίμου ή ΣΗΘΥΑ για τον υπολογισμό του ενεργειακού ισοζυγίου του έργου.

11. Τεκμηρίωση δυναμικού ΑΠΕ
Τεκμηρίωση του δυναμικού ΑΠΕ στην προτεινόμενη θέση εγκατάστασης με παρουσίαση των μετρήσεων και δεδομένων στα οποία βασίζεται η ενεργειακή μελέτη.Σε περίπτωση που απαιτείται τροφοδοσία της εγκατάστασης, τεκμηρίωση της εξασφάλισης της προμήθειας / τροφοδοσίας της πρώτης ύλης.

Μέρος **4** – Εξασφάλιση θέσης
12. Τεκμηρίωση εξασφάλισης ή δυνατότητας εξασφάλισης θέσης
Υποβάλλονται έγγραφα με τα οποία τεκμηριώνεται η εξασφάλιση της θέσης εγκατάστασης του προτεινόμενου έργου ή η δυνατότητα εξασφάλισής της.

Μέρος **5** – Προκαταρκτική τεχνική μελέτη
13. Προκαταρκτική τεχνική μελέτη του προτεινόμενου έργου Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει τουλάχιστον τα εξής στοιχεία:

- Περιγραφή της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας και των εγκαταστάσεων που θα απαιτηθούν.
- Προκαταρκτική εκτίμηση του τρόπου σύνδεσης με το %ίκτυο ή το Σύστημα.
- Σε περίπτωση που απαιτείται τροφοδοσία της εγκατάστασης, τεκμηρίωση της εξασφάλισης της προμήθειας / τροφοδοσίας της πρώτης ύλης.
- Χάρτες αποτύπωσης του σταθμού σε κλίμακα 1:5.000 και 1:50.000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού:
- Σε περίπτωση αιολικού σταθμού, αποτυπώνεται το πολύγωνο του γηπέδου του σταθμού και η θέση των ανεμογεννητριών.
- Σε περίπτωση ΜΥΗΕ, αποτυπώνεται η θέση υδροληψίας και η θέση του σταθμού.
- Σε περίπτωση Φ/Β σταθμού και σε κάθε άλλη περίπτωση, αποτυπώνεται το πολύγωνο του γηπέδου του σταθμού.
- Συντεταγμένες των ανωτέρω σημείων σε πίνακα και σε ηλεκτρονική μορφή σύμφωνα με το «Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΕΓΣΑ) ’87». Η μορφή των αρχείων αποτύπωσης είναι κατά σειρά προτίμησης SHAPEFILE (*.SHP), ή GEOMEDIA ACCESS (*.MDB), ή MAPINFO (*.MIF), ή AUTOCAD (*.DWG).

Μέρος **6** – Επιχειρηματικό σχέδιο του έργου
14. Επιχειρηματικό σχέδιο του έργου
Συνοπτική παρουσίαση του επιχειρηματικού σχεδίου του έργου, στο οποίο περιλαμβάνονται τα εξής:

- Προϋπολογισμός του έργου ο οποίος περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία:
- Κόστος μελετών και αδειοδότησης.
- Κόστος Η/Μ εξοπλισμού.
- Κόστος έργων υποδομής (κατασκευή οδών πρόσβασης, εσωτερικής οδοποιίας, βελτίωση υφιστάμενων οδών, λοιπά έργα πολιτικού μηχανικού).
- Κόστος διασύνδεσης με το δίκτυο και σχετική ανάλυση.
- Χρηματοδοτική διάρθρωση της επένδυσης (ίδια κεφάλαια, δανειακά κεφάλαια/ χρηματοδοτική μίσθωση, επιδότηση).
- Τρόπος κάλυψης των απαιτούμενων ιδίων κεφαλαίων. Αναλύεται ο τρόπος κάλυψης της ίδιας συμμετοχής, με αναφορά σε συγκεκριμένα ποσοτικά στοιχεία, για τα οποία υποβάλλονται έγγραφα τεκμηρίωσης στο Μέρος 8 του παρόντος Παραρτήματος.
- Υποθέσεις εργασίας, όπως π.χ. επιτόκιο δανεισμού, περίοδος αποπληρωμής δανείου, κτλ.
- Χρονοδιάγραμμα κατασκευής και ημερομηνία έναρξης λειτουργίας.
- Προβλέψεις επενδυτικών, χρηματοδοτικών και λειτουργικών χρηματορροών για 25 έτη για υδροηλεκτρικούς σταθμούς και για 20 έτη για τους λοιπούς σταθμούς (περιλαμβανομένης της κατασκευαστικής περιόδου) διαρθρωμένες ως εξής:
- Επενδυτικές δαπάνες.
- Χρηματοδοτικές χρηματορροές.
- Λειτουργικές χρηματικές εισροές.
- Λειτουργικές χρηματικές εκροές (λειτουργία, συντήρηση, φόροι, κτλ.)

15. Πλήρης κατάλογος αιτήσεων

Παρουσιάζονται τα στοιχεία όλων των αιτήσεων που έχουν υποβληθεί στη ΡΑΕ για χορήγηση Άδειας από ΑΠΕ από τον αιτούντα ή αν αυτός είναι νομικό πρόσωπο από μετόχους / εταίρους αυτού στην περίπτωση που αυτοί οι μέτοχοι πρόκειται να καλύψουν την απαιτούμενη ίδια συμμετοχή για την υλοποίηση του έργου, σύμφωνα με τα στοιχεία που υποβάλλονται κατά τα προβλεπόμενα στο Μέρος 6 του παρόντος Παραρτήματος.

Τα στοιχεία αυτά είναι τα εξής:

- Αριθμός πρωτ. ΡΑΕ για την υποβληθείσα αίτηση και ημερ/νία υποβολής.
- Τεχνολογία.
- Ισχύς έργου.
- Θέση (τοποθεσία, δήμος, νομός).
- Στάδιο αδειοδοτικής διαδικασίας (π.χ. σε αναμονή για αξιολόγηση, για χορήγηση Άδειας, για έκδοση ΕΠΟ, για έκδοση άδειας εγκατάστασης, για έκδοση άδειας λειτουργίας, ή σε λειτουργία).

16. Συνολικό επιχειρηματικό σχέδιο

Σε περίπτωση που ο αιτών ή οι μέτοχοι αυτού, ή νομικά πρόσωπα που στο Μέρος 6 του παρόντος Παραρτήματος δηλώνονται ως πρόσωπα που θα μετέχουν στην κάλυψη των απαιτούμενων ιδίων κεφαλαίων, έχουν υποβάλει και άλλες αιτήσεις για χορήγηση Άδειας, ή κατέχουν ήδη Άδεια για έργο το οποίο δεν έχει ακόμα κατασκευαστεί, με το παρόν παρουσιάζεται συνοπτικά ένα επιχειρηματικό σχέδιο για το σύνολο των έργων αυτών, στο οποίο περιλαμβάνονται τα εξής:

- Προϋπολογισμός κάθε έργου (συμπεριλαμβανομένου του κόστους διασύνδεσης).
- Χρηματοδοτική διάρθρωση κάθε επένδυσης (ίδια κεφάλαια, δανειακά κεφάλαια / χρηματοδοτική μίσθωση, επιδότηση).
- Τρόπος κάλυψης των απαιτούμενων ιδίων κεφαλαίων.

Αναλύεται ο τρόπος και οι πηγές κάλυψης της απαιτούμενης ίδιας συμμετοχής για το σύνολο των έργων, με αναφορά σε συγκεκριμένα ποσοτικά στοιχεία, για τα οποία υποβάλλονται έγγραφα τεκμηρίωσης στο Μέρος 8 του παρόντος Παραρτήματος.

- Χρονοδιάγραμμα κατασκευής για όλα τα έργα και ημερομηνία έναρξης λειτουργίας εκάστου.

- Επενδυτικές χρηματορροές που συνεπάγεται η εκτέλεση τους χρονοδιαγράμματος κατασκευής.

Μέρος **8** – Στοιχεία τεκμηρίωσης της οικονομικής δυνατότητας του φορέα
Στο Μέρος αυτό παρατίθενται τα απαραίτητα στοιχεία που τεκμηριώνουν τη δυνατότητα του φορέα να καλύψει την απαιτούμενη ίδια συμμετοχή ανάλογα με τον τρόπο κάλυψης που δηλώνεται στα Μέρη 6 και 7 ανωτέρω, σύμφωνα με το κριτήριο αξιολόγησης του άρθρου 9 του παρόντος Κανονισμού όπως εξειδικεύεται στον Οδηγό Αξιολόγησης, καθώς και την πιστοληπτική του ικανότητα και τη φερεγγυότητα του. Ειδικότερα, υποβάλλονται τα ακόλουθα στοιχεία σε κάθε μια από τις παρακάτω περιπτώσεις:

17. Στοιχεία τεκμηρίωσης της ικανότητας κάλυψης της απαιτούμενης ίδιας συμμετοχής

1. Αν ο φορέας είναι εταιρεία υποβάλλονται*:*
1.1. Για εταιρεία με τουλάχιστον **3** πλήρεις εταιρικές χρήσεις**,** αντίγραφα ισολογισμών και αποτελεσμάτων χρήσης των τριών τελευταίων ετών συνοδευόμενα από τις αντίστοιχες εκθέσεις ελεγκτών κατά τα προβλεπόμενα στην κείμενη νομοθεσία.
1.2. Για εταιρεία που δεν έχει συμπληρώσει **3** πλήρεις εταιρικές χρήσεις**,** όσα από τα στοιχεία της παραγράφου 1.1. είναι διαθέσιμα, καθώς και τα ακόλουθα στοιχεία για τους μετόχους – εταίρους της εταιρείας:

1.2.1 Στην περίπτωση που οι μέτοχοι είναι φυσικά πρόσωπα υποβάλλονται τα οικονομικά στοιχεία όπως στην παράγραφο 2 κατωτέρω.

1.2.2. Στην περίπτωση που οι μέτοχοι / εταίροι είναι εταιρείες υποβάλλονται τα στοιχεία της παραγράφου 1.1 ανωτέρω.
1.3. Στην περίπτωση που σύμφωνα με το επιχειρηματικό σχέδιο που υποβάλλεται πληρούται το κριτήριο της περίπτωσης ζ΄ της παραγράφου 1 του άρθρου 3 του Νόμου από μετόχους / εταίρους του φορέα, υποβάλλονται τα στοιχεία των παραγράφων 1.1. ή/και 1.2. αναφορικά με του μετόχους / εταίρους καθώς και επίσημα στοιχεία που
τεκμηριώνουν τη συμμετοχή των μετόχων / εταίρων στο φορέα.
1.4. Στην περίπτωση που ο φορέας επικαλείται κάλυψη της απαιτούμενης ιδίας συμμετοχής με χρήση έκτακτων φορολογηθέντων αποθεματικών, υποβάλλεται επιπρόσθετα με τα στοιχεία των παραγράφων 1.1. ή/και 1.2. και απόφαση του αρμόδιου οργάνου του νομικού προσώπου, για τη χρήση του ποσού προς κάλυψη της ιδίας συμμετοχής από τα υπάρχοντα φορολογηθέντα αποθεματικά της εταιρείας.

2. Αν ο φορέας είναι κοινοπραξία ή ένωση εταιρειών υποβάλλονται*:*
Τα ανωτέρω για κάθε μία εταιρεία που είναι μέλος της κοινοπραξίας ή της ένωσης προσώπων.

3. Αν ο φορέας είναι φυσικό πρόσωπο για την τεκμηρίωση της δυνατότητας κάλυψης της ίδιας συμμετοχής υποβάλλονται:
3.1. Βεβαιώσεις που έχουν εκδοθεί το αργότερο εντός τριών (3) εργασίμων ημερών πριν την υποβολή της αίτησης, και αφορούν στο μέσο υπόλοιπο τραπεζικών λογαριασμών τουλάχιστον ενός εξαμήνου.
3.2. Βεβαιώσεις που έχουν εκδοθεί το αργότερο εντός τριών (3) εργασίμων ημερών πριν την υποβολή της αίτησης, σχετικά με το ύψος των καταθέσεων του προσώπου κατά την ημερομηνία λήψης της βεβαίωσης.
3.3. Βεβαιώσεις που έχουν u949 εκδοθεί το αργότερο εντός τριών (3) εργασίμων ημερών πριν την υποβολή της αίτησης, και αφορούν στην κατοχή χρεογράφων (ομολόγων, μετοχών, κλπ).
22
3.4. Αντίγραφα εντύπων δήλωσης ακινήτων (Ε9), επικυρωμένων από την εφορία, συνοδευόμενων από εκτίμηση της αξίας των ακινήτων που περιλαμβάνονται σ' αυτά.
3.5. Άλλα στοιχεία, που κατά την κρίση του επενδυτή τεκμηριώνουν, πέραν των ανωτέρω, την οικονομική του ικανότητα.
18. Στοιχεία πιστοληπτικής ικανότητας του φορέα
α**)** Σε περίπτωση τραπεζικού δανεισμού, βεβαίωση της τράπεζας που να δηλώνει

καταρχάς ενδιαφέρον για δανειοδότηση της επενδυτικής πρότασης του υποψηφίου (letter of intent).
β**)** Στην περίπτωση χρηματοδοτικής μίσθωσης απαιτείται προέγκριση από εταιρεία Leasing για τη χορήγηση χρηματοδοτικής μίσθωσης.
γ**)** Στην περίπτωση εφαρμογής χρηματοδότησης από τρίτους (Χ.Α.Τ.), απαιτείται η υποβολή υπογεγραμμένου συμφωνητικού βέβαιης χρονολογίας.
19. Στοιχεία φερεγγυότητας του φορέα Υποβάλλονται, εφόσον υπάρχουν, στοιχεία από προηγούμενες εγκρίσεις επιχορήγησης από τα προγράμματα του ΥΠΑΝ ή του ΥΠΕΘΟ (τήρηση ή μη των όρων και των προϋποθέσεων της απόφασης υπαγωγής, ολοκλήρωση ή μη της επένδυσης κλπ.).

Μέρος **9 – δ**ηλώσεις και άλλα συνοδευτικά έγγραφα
20. Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Π.Π.Ε.) σε 2 αντίγραφα, σύμφωνα με τον ν. 3468/2006, την ΚΥΑ 104247/ΕΥΠΕ/ΥΠΕΧ1%Ε και την εγκύκλιο 107100/29-8-2006/ΕΥΠΕ/ΥΠΕΧ1%Ε.
21. Καταστατικό με τυχόν τροποποιήσεις αν ο αιτών είναι νομικό πρόσωπο, συμφωνητικό σύστασης κοινοπραξίας αν ο αιτών είναι κοινοπραξία, ή φωτοτυπία αστυνομικής ταυτότητας αν ο αιτών είναι φυσικό πρόσωπο.
22. Πληροφοριακά στοιχεία σχετικά με τις επιχειρηματικές δραστηριότητες και την οργάνωση του αιτούντος και τυχόν σύνδεσή του ή συμμετοχή του σε άλλες εταιρείες ή ομίλους εταιρειών, αν ο αιτών είναι νομικό πρόσωπο ή κοινοπραξία.
23. Σε περίπτωση ανωνύμου ή εταιρείας περιορισμένης ευθύνης, το τεύχος δημοσίευσης στο ΦΕΚ ΑΕ και ΕΠΕ του διορισμού νομίμου εκπροσώπου ή διαχειριστή.
24. Έγγραφα νομιμοποίησης του αντικλήτου αν ο αιτών είναι νομικό πρόσωπο.
25. Υπεύθυνη δήλωση, στην οποία ο αιτών δηλώνει ότι σε περίπτωση που θα του χορηγηθεί η Άδεια θα ικανοποιεί τις απαιτήσεις του άρθρου 30 του ν. 2773/1999 «Τήρηση λογαριασμών από κατόχους αδειών» του Νόμου και αναλυτικά στοιχεία του σχεδιασμού που θα εφαρμόσει ώστε να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις αυτές.
23
26. Υπεύθυνη δήλωση της παρ. 3 του άρθρου 8 του ν. 1599/1986, στην οποία ο αιτών δηλώνει ότι όλα τα στοιχεία που υποβάλει με την αίτησή του είναι αληθή.
27. Αποδεικτικό κατάθεσης στο λογαριασμό της ΡΑΕ του προβλεπόμενου τέλους, βάσει του άρθρου 6 του ν. 2773/1999.
Σημείωση**:**
1. Όλα τα στοιχεία που περιλαμβάνονται στο φάκελο της αίτησης, εκτός από το Μέρος 4, Μέρος 8, και Μέρος 9,
υποβάλλονται και σε ηλεκτρονική μορφή.
2. Όλα τα στοιχεία τα οποία περιλαμβάνονται στο φάκελο της αίτησης για χορήγηση Άδειας, φέρουν ενιαία αρίθμηση
και υποβάλλονται σύμφωνα με τη δομή και την κατάταξη που παρουσιάζεται παραπάνω ανά Μέρος και
Παράγραφο.

Απαιτούμενα έγγραφα και στοιχεία που συνοδεύουν την Αίτηση για Εξαίρεση από την Υποχρέωση Χορήγησης Άδειας Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας σύμφωνα με την απόφαση 136 (20/7/2006) της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ)

Μέρος **1** – Στοιχεία του αιτούντος
1. Όνομα /επωνυμία φυσικού / νομικού προσώπου
2. Κατοικία / έδρα
3. Αν ο αιτών είναι φυσικό πρόσωπο, φωτοτυπία της αστυνομικής ταυτότητας του αιτούντος.

4. Αν ο αιτών είναι νομικό πρόσωπο ο νόμιμος εκπρόσωπος ή διαχειριστής νομικού προσώπου.
5. Όνομα και στοιχεία επικοινωνίας (τηλέφωνο, φαξ, ταχυδρομική και ηλεκτρονική διεύθυνση) του προσώπου το οποίο ορίζεται ως αντίκλητος του αιτούντος για την επικοινωνία με τη ΡΑΕ.
6. Αριθμός Φορολογικού Μητρώου και καταστατικό της αιτούμενης εταιρείας (μόνο αν ο αιτών είναι εταιρεία) με τυχόν τροποποιήσεις.
7. Στοιχεία αποφάσεων εξαίρεσης ή Άδειών Παραγωγής που κατέχει ο αιτών

Μέρος **2 -** Περιγραφή του έργου
8. Προτεινομένη θέση της εγκατάστασης παραγωγής (θέση – τοπωνύμιο, δήμος, νομός)
24
9. Ισχύς και τύπος κάθε μονάδας της εγκατάστασης παραγωγής (kW)
10. Περιγραφή του καυσίμου ή της πρωτογενούς μορφής ενέργειας που θα χρησιμοποιεί η εγκατάσταση παραγωγής, του τρόπου τροφοδοσίας της με καύσιμο, καθώς και της τεχνολογίας που θα χρησιμοποιεί για την παραγωγή ενέργειας
11. Τεχνική τυ960 περιγραφή του έργου
12. Προκαταρκτική εκτίμηση του τρόπου σύνδεσης με το Σύστημα ή %ίκτυο Ηλεκτρικής ενέργειας
(το στοιχείο αυτό δεν απαιτείται προκειμένου για εφεδρικούς σταθμούς)
13. Χάρτες προσδιορισμού της ακριβούς θέσης εγκατάστασης του σταθμού παραγωγής. (το στοιχείο αυτό δεν απαιτείται προκειμένου για εφεδρικούς σταθμούς)
14. Οι χάρτες αυτοί πρέπει να είναι σε κλίμακα 1:50.000 και 1:5.000 της ΓΥΣ και υποβάλλονται και σε ηλεκτρονική μορφή.
15. Οι συντεταγμένες του πολυγώνου του γηπέδου του σταθμού υποβάλλονται σε πίνακα και σε ηλεκτρονική μορφή σύμφωνα με το «Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΕΓΣΑ) ‘87».
16. Χρονοδιάγραμμα κατασκευής και προτεινόμενη ημερομηνία έναρξης εμπορικής λειτουργίας της εγκατάστασης παραγωγής.

Μέρος **3** – Εξασφάλιση θέσης
17. Τίτλος κυριότητας ή κατοχής του ακινήτου επί του οποίου πρόκειται να εγκατασταθεί ο σταθμός. Το στοιχείο αυτό δεν απαιτείται προκειμένου για εφεδρικούς σταθμούς.
18. Προκειμένου για αιτήσεις σε δημόσιες δασικές εκτάσεις απαιτείται έγκριση της αρμόδιας περιβαλλοντικής αρχής.
19. Υπεύθυνη %ήλωση του άρθρου 8 του ν. 1599/1986, στην οποία ο αιτών δηλώνει ότι όλα τα στοιχεία που υποβάλει με την αίτησή του είναι αληθή.
Σημείωση**:**
1. Όλα τα στοιχεία που περιλαμβάνονται στο φάκελο της αίτησης, υποβάλλονται και σε ηλεκτρονική μορφή.
2. Όλα τα στοιχεία τα οποία περιλαμβάνονται στο φάκελο της αίτησης εξαίρεσης φέρουν ενιαία αρίθμηση και
υποβάλλονται σύμφωνα με τη δομή και την κατάταξη που παρουσιάζεται παραπάνω ανά Μέρος και Παράγραφο.

Έγγραφα και στοιχεία που συνυποβάλλονται κατά την αρχική αίτηση προς την ΔΕΗ για σύνδεση του Φ/Β Συστήματος με το δίκτυο Χαμηλής Τάσης:

1. Τεχνικά εγχειρίδια φωτοβολταϊκών στοιχείων
2. Τεχνικά εγχειρίδια και πιστοποιητικά αντιστροφέων
3. Μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο του σταθμού (υπογεγραμμένο από μελετητή κατάλληλης ειδικότητας)
4. Τοπογραφικό σχέδιο της ακριβούς θέσης της εγκατάστασης και χάρτη ΓΥΣ 1:5000

με απεικόνιση του πολυγώνου του γηπέδου (προκειμένου για οικόπεδα εκτός σχεδίου πόλεως)
5. Τίτλος κυριότητας ή κατοχής του γηπέδου εγκατάστασης (σε περίπτωση μίσθωσης, το μισθωτήριο θεωρημένο από τη %ΟΥ και αντίγραφο του τίτλου κυριότητας του ιδιοκτήτη)
6. Έγγραφο εξαίρεσης από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής εκδοθέν από τη ΡΑΕ (για σταθμούς ισχύος άνω των 20 kW)
7. Υπεύθυνη %ήλωση του Ν. 1599/86, στην οποία ο αιτών να βεβαιώνει ότι η συγκεκριμένη έκταση βρίσκεται εκτός περιοχών NATURA 2000, εθνικών δρυμών, παραδοσιακών οικισμών και περιοχών αρχαιολογικού ενδιαφέροντος σύμφωνα με τις διατάξεις της ΚΥΑ υπ΄ αριθ. 145799/2005 (για οικόπεδα)

Έγγραφα και στοιχεία που θα πρέπει να προσκομιστούν προ της σύνδεσης του σταθμού με το δίκτυο:

1. Αντίγραφο της Σύμβασης Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας μεταξύ Παραγωγού και ΔΕΣΜΗΕ ή μεταξύ Παραγωγού και διαχειριστή μη διασυνδεδεμένων Νησιών (για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά)
2. Υπεύθυνη δήλωση Ηλεκτρολόγου Εγκαταστάτη (Υ.Ε.) για τη συνολική εγκατάσταση, με συνημμένη τεχνική περιγραφή του τρόπου αποφυγής του φαινόμενου της νησιδοποίησης και συνημμένο μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο της εγκατάστασης
3. Υπεύθυνη δήλωση του Ν. 1599/86, στην οποία ο Παραγωγός θα αναφέρει τις ρυθμίσεις των ορίων τάσεως και συχνότητας στην έξοδο του αντιστροφέα τα οποία σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν για την τάση το +15% έως -20% της ονομαστικής τάσης, ενώ για την συχνότητα τα +/- 0,5 Hz καθώς επίσης και την πρόβλεψη ότι σε περίπτωση υπέρβασης των πιο πάνω ορίων ο αντιστροφέας θα τίθεται εκτός (αυτόματη απόζευξη) με τις ακόλουθες χρονικές ρυθμίσεις :
   - Θέση εκτός του αντιστροφέα σε 0,5 δευτερόλεπτα
   - Επανάζευξη του αντιστροφέα μετά από τρία λεπτά.
   - Επίσης θα αναφέρει το χρόνο λειτουργίας της προστασίας έναντι νησιδοποίησης
4. Αντίγραφο της περιβαλλοντικής αδειοδότησης (Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων) από την αρμόδια υπηρεσία, για σταθμούς άνω των 20 kW)
5. Έγγραφο της αρμόδιας Πολεοδομικής υπηρεσίας (σύμφωνα με το Ν. 1512/85 και τις σχετικές εγκυκλίους του Υ.ΠΕ.Χ1.%.Ε.), ότι η συγκεκριμένη εγκατάσταση μπορεί να συνδεθεί με το δίκτυο της %ΕΗ (εξαιρούνται οι ήδη ηλεκτροδοτούμενοι πελάτες που αιτούν σύνδεση αυτοπαραγωγού).

5.6 Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανώσιμες Πήγες Ενέργειας (ΦΕΚ 2464Β/3.12.08).

Το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ, επιλύει τα προβλήματα που προκλήθηκαν από την υφιστάμενη έλλειψη στρατηγικού χωροταξικού σχεδιασμού.
Στη μελέτη περιγράφεται η μεθοδολογική προσέγγιση για τη χωροθέτηση έργων ΑΠΕ, προσδιορίζονται τα κριτήρια χωροθέτησης, παρουσιάζεται ο τρόπος αντιμετώπισης κρίσιμων ζητημάτων όπως τοπίου, ορνιθοπανίδας, καθώς και τα όργανα ελέγχου και εφαρμογής του ειδικού πλαισίου.
Η έκδοση του ειδικού πλαισίου θα επιλύσει αρκετά από τα προβλήματα που εμφανίστηκαν στο παρελθόν (νομολογία ΣτΕ, κοινωνική αποδοχή, νομοθετικό κενό), λόγω του έντονου επενδυτικού ενδιαφέροντος έργων ΑΠΕ, στο πλαίσιο εθνικών πολιτικών και δεσμεύσεων (συμφωνία του Κιότο, σύμβαση πλαίσιο για τις κλιματικές αλλαγές, Οδηγία 77/2001).
Με την έκδοση του ειδικού πλαισίου ολοκληρώνονται οι πρωτοβουλίες σε πολιτικό επίπεδο για τη ταχεία προώθηση των έργων ΑΠΕ, μετά από τη ψήφιση του Ν. 3468/2006 και την έκδοση των σχετικών ΚΥΑ που ρυθμίζουν θέματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ καθώς και διαδικασίες αδειοδοτήσεων

5.7 Ν.4254 07/04/2014 – Επενδύσεις

Η πρόταση του “new Deal” για τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς περιλαμβάνει περικοπές στις εγγυημένες τιμές της κιλοβατώρας ανάλογα με την ημερομηνία σύνδεσης στο δίκτυο, αλλά και το αν το έργο επιδοτήθηκε ή οχι. Για έργα που πραγματοποιήθηκαν με επιδότηση, η μείωση της τιμής είναι περίπου 30% μεγαλύτερη, από τα υπόλοιπα.

Συγκεκριμένα:

- Για φωτοβολταϊκά έργα που συνδέθηκαν μέχρι το δεύτερο τρίμηνο του 2011, οι περικοπές είναι μηδαμινές
- Για έργα που συνδέθηκαν από το τρίτο τρίμηνο του 2011 και μετά, οι περικοπές φτάνουν μέχρι και το 30%
- Για τα αγροτικά έργα οι μείωση είναι κατά 15% λιγότερη

Μετά τους αγρότες οι επόμενοι κερδισμένοι από τις περικοπές του “new Deal”είναι οι παραγωγοί οικιακών φωτοβολταϊκών: Σκεπές που συνδέθηκανμέχρι το δεύτερο τρίμηνο του 2011 δεν έχουν καμία περικοπή, από το τρίτο τρίμηνο του 2011 οι περικοπές κυμαίνονται στο 30%.
Κρίσιμη είναι η έκπτωση που πρέπει να παρέχουν οι παραγωγοί ΑΠΕ, με εξαίρεση τα οικιακά φωτοβολταϊκά , επί της συνολικής αξίας της εγχεόμενης κατά το 2013 ενέργειας. Η έκπτωση ξεκνάει από το 34% και φτάνει μέχρι και το 40%, ανάλογα με την ημερομηνία σύνδεσης του έργου:

- σε ποσοστό 34% για φωτοβολταϊκούς σταθμούς που συνδέθηκαν έως 31.12.2009,
- σε ποσοστό 35% για φωτοβολταϊκούς σταθμούς που συνδέθηκαν από 1.1.2010 έως 31.12.2011,
- σε ποσοστό 37,5% για φωτοβολταϊκούς σταθμούς που συνδέθηκαν από 1.1.2012 έως 31.12.2012,
- σε ποσοστό 40% για φωτοβολταϊκούς σταθμούς που συνδέθηκαν από 1.1.2013 έως 31.12.2013.

Η πράσινη / περιβαλλοντική αγορά στην Ε.Ε. απασχολεί 3,4 εκατομμύρια άτομα, αποτελεί 2,5% του ευρωπαϊκού ΑΕΠ με ετήσιο κύκλο εργασιών 319 δισ. ευρώ και συνεισφέρει σημαντικά στην ανάπτυξη της ευρωπαϊκής οικονομίας. Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) αποτελούν έναν σημαντικό τομέα της ευρωπαϊκής περιβαλλοντικής αγοράς με μεγάλη συνεισφορά στο σύνολο των καθαρών τεχνολογιών τα τελευταία χρόνια.

Η χώρα μας με την ιδιαίτερη ανάπτυξη του φωτοβολταϊκού τομέα των τελευταίων ετών, έφτασε στην κορύφωση το 2013 (στη δεύτερη θέση διεθνώς), όσον αφορά τη συμβολή των φωτοβολταϊκών στη συνολική κατανάλωση ενέργειας (6,7% της συνολικής εγχώριας κατανάλωσης) και στην πέμπτη, όσον αφορά την κατά κεφαλήν εγκατεστημένη ισχύ φωτοβολταϊκών.

Το σύνολο των επενδύσεων στα φωτοβολταϊκά την περίοδο 2008 - 2013 ήταν της τάξης των 5,5 δισ. ευρώ. Σύμφωνα με στοιχεία του Συνδέσμου Εταιρειών Φωτοβολταϊκών, οι φωτοβολταϊκές επενδύσεις παρήγαγαν το 0,84% του ΑΕΠ το 2013, με 40% εγχώρια προστιθέμενη αξία, σημαντικά έσοδα από ΦΠΑ και φόρους στο κράτος, καθώς και δημιουργία χιλιάδων θέσεων εργασίας.

Είναι δεδομένο ότι επενδυτικές πρωτοβουλίες από τον ιδιωτικό τομέα είναι το κλειδί στην οικονομική ανάπτυξη ιδιαίτερα φέτος. Δυστυχώς, η ασυνεπής πολιτική της χώρας στον τομέα των ΑΠΕ και ειδικά όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά, σταμάτησε πρόσφατα τις επενδύσεις και δημιούργησε μείζον πρόβλημα στους υφιστάμενους επενδυτές.

Η ίδια η πολιτεία είχε θέσει τους κανόνες παραγωγής και αποζημίωσης των παραγωγών φωτοβολταϊκών στο πλαίσιο της «πράσινης ανάπτυξης», βασισμένη σε ένα στρεβλό σύστημα υπολογισμού του κόστους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας και χωρίς οικονομικό προγραμματισμό για τη βιωσιμότητα του συστήματος. Στη συνέχεια, λόγω των ελλειμμάτων που δημιουργήθηκαν στον ΛΑΓΗΕ, επιβλήθηκαν αρχικά με τον ν. 4093/2013 φόροι 25% - 30% στις τιμές πώλησης και στη συνέχεια με τον πρόσφατο ν. 4254/2014 υποχρεωτική μονομερής μείωση των συμβατικών τιμών –σε ποσοστό που σε πολλές περιπτώσεις υπερβαίνει το 40%– και παράλληλα «αναδρομική» υποχρέωση έκπτωσης που προσεγγίζει το 40% στις τιμές πώλησης για την ηλεκτρική ενέργεια που έχει παραχθεί το έτος 2013. Πέραν αυτού με τις νέες ρυθμίσεις πλήττονται και τιμωρούνται όσες επενδύσεις έχουν υπαχθεί και επιδοτήθηκαν από τον αναπτυξιακό νόμο, αφού μετά τις πολύχρονες γραφειοκρατικές διαδικασίες, τους ελέγχους και τις υποχρεώσεις που ανέλαβαν οι επιχειρήσεις για να υπαχθούν σε αυτόν, με τις νέες μειωμένες ταρίφες (στις περισσότερες των περιπτώσεων) όχι μόνο δεν ωφελήθηκαν σε σχέση με όσες δεν επιδοτήθηκαν, αλλά ζημιώθηκαν.

Με τον τρόπο αυτό, το κατά τα άλλα διψασμένο για επενδύσεις ελληνικό κράτος ανατρέπει πλήρως υπογεγραμμένες συμβάσεις, οδηγώντας χιλιάδες επιχειρήσεις φωτοβολταϊκών (στην πλειοψηφία τους πολύ μικρές επιχειρήσεις) σε οικονομική δυσχέρεια, αφού από τη μια βρίσκονται αντιμέτωπες με το τραπεζικό σύστημα που απαιτεί τόκους και τοκοχρεολύσια υπολογισμένα με βάση το αρχικό επιχειρησιακό σχέδιο της επένδυσης, ενώ από την άλλη το ίδιο το κράτος απαιτεί καταβολή ΦΠΑ και φόρων ακόμη και για έσοδα που ουδέποτε εισπράχθηκαν.

Παράλληλα (σε μια κρίσιμη για τις επενδύσεις περίοδο) διαταράσσει τη σταθερότητα στο επενδυτικό πλαίσιο (και την αρχή της συνέχειας του κράτους), που ενώ αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο για την προσέλκυση των επενδύσεων, στη χώρα μας φαίνεται να υιοθετείται μόνο σε επίπεδο διακηρύξεων. Δεδομένο είναι ότι κανένας επενδυτής ή ιδιοκτήτης φωτοβολταϊκών δεν έχει ευθύνη για τις τιμές αποζημίωσης που είχαν δοθεί ως κίνητρο από την πολιτεία, προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι για παραγωγή καθαρής ενέργειας από ΑΠΕ. Αντίθετα, εμπιστεύτηκε το ελληνικό κράτος και αποτίμησε την επένδυσή του με βάση τους όρους που αυτό υποτίθεται ότι εγγυήθηκε σε μακροπρόθεσμη βάση. Το κράτος όμως επέδειξε τη, δυστυχώς, συνήθη πρακτική αναξιοπιστίας και αθέτησης των υποχρεώσεών του, τροποποιώντας μονομερώς ουσιαστικά τους όρους της επένδυσης.

Είναι ιδιαίτερα αμφίβολο αν το New Deal με τη μονομερή υποχρεωτική αλλαγή των όρων των υπογεγραμμένων συμβάσεων και τις αντίστοιχες περικοπές –πέραν της ενδεχόμενης διευθέτησης του ελλείμματος του ΛΑΓΗΕ– θα έχει συνολικά θετική οικονομική συμβολή στην οικονομία. Εικάζεται ότι, αν συνυπολογίσει κανείς το κόστος των χαμένων υφιστάμενων (αλλά και δυνητικά νέων) θέσεων εργασίας, τον ΦΠΑ από τη μείωση του κύκλου εργασιών των επιχειρήσεων (και από τη μη δημιουργία νέων επιχειρήσεων), αλλά και τα φορολογικά έσοδα από τα κέρδη 20 - 25 ετών λειτουργίας των επενδύσεων, το αποτέλεσμα για την οικονομία θα είναι αρνητικό. Σε αυτό θα πρέπει να προστεθεί και το έμμεσο κόστος – της ίσως σημαντικότερης επίπτωσης– από το μήνυμα που δίδεται στους διεθνείς και Ελληνες επενδυτές για την έλλειψη συνέπειας και την αφερεγγυότητα του ελληνικού κράτους, που δεν τιμά τις συμβάσεις που υπογράφει και αδικεί όσους υπάγονται στις ευεργετικές διατάξεις του αναπτυξιακού νομού, πράγμα που θα έχει επίπτωση σε κάθε είδους δυνητική επένδυση στη χώρα μας.

Θα πρέπει άμεσα να γίνει μια τέτοια συνολική, ολιστική αποτίμηση του «New Deal» για να τεκμηριωθούν και οικονομικά οι όποιες διορθωτικές κινήσεις προς την κατεύθυνση της αποκατάστασης των αδικιών και της ασυνέπειας. Παράλληλα να γίνουν οι αντίστοιχες νομοθετικές ρυθμίσεις, προκειμένου να περιοριστεί η ήδη προκληθείσα ζημιά στην οικονομία.

Μια φιλική στις επενδύσεις κυβέρνηση πρέπει να σηματοδοτεί έμπρακτα ότι οι πρακτικές του παρελθόντος, που συχνά παρεμπόδιζαν ή σταματούσαν τις ιδιωτικές επενδύσεις και καταδείκνυαν ασυνέχεια, ασυνέπεια και αναξιοπιστία, δεν θα υπάρχουν πια στη νέα, υγιή Ελλάδα με τη μακροπρόθεσμη στρατηγική, που θα εξασφαλίζει σε ορίζοντα τουλάχιστον 10 ετών το φιλικό προς τους επενδυτές πλαίσιο και το σταθερό και ξεκάθαρο οικονομικό περιβάλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο

Παράγοντες ρίσκου για έργα ΑΠΕ

Στο κεφάλαιο αυτό ακολουθεί μια αναλυτική περιγραφή των οικονομικών παραγόντων που καθορίζουν τη βιωσιμότητα μιας πιθανής επένδυσης. Αρχικά παρουσιάζονται κάποιοι γενικοί όροι, ακολουθούμενοι απο τους όρους που σχετίζονται με τη χρηματοδότηση του έργου και όλοι μαζί οδηγούν στην εξαγωγή τιμών που καθορίζουν τη βιωσιμότητά του.

Γενικά:

Κυλιόμενος φόρος κόστους καυσίμου (Fuel cost escalation rate)

Αντιπροσωπεύει το ποσοστό με το οποίο αυξάνονται σε ετήσια βάση οι τιμές των καυσίμων.Ο χρήστης εισάγει το ποσοστό κλιμάκωσης του κόστους των καυσίμων (%), ο οποίος είναι ο προβλεπόμενος μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης του κόστους των καυσίμων κατά τη διάρκεια ζωής του έργου. Αυτό επιτρέπει στο χρήστη να εφαρμόσει ποσοστά του πληθωρισμού στο κόστος καυσίμων, τα οποία μπορεί να διαφέρουν από τον γενικό πληθωρισμό. Για παράδειγμα, στη Βόρεια Αμερική, τα μακροπρόθεσμα επιτόκια κλιμάκωσης του κόστους των καυσίμων κυμαίνονται οπουδήποτε από 0 έως 5% με 2 έως 3% που είναι οι πιο κοινές τιμές.

Πληθωρισμός (Inflation)

Πληθωρισμός είναι η συνεχής αύξηση του γενικού επιπέδου των τιμών μιας οικονομίας μέσα σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Η αύξηση δηλαδή του κόστους των αγαθών και υπηρεσιών ανά μονάδα χρόνου. Ο πληθωρισμός των επιμέρους συνιστωσών κόστους μιας επένδυσης μπορεί να διαφέρει από συνιστώσα σε συνιστώσα και από έτος σε έτος.Μ πορεί να είναι είτε θετικός, είτε αρνητικός οπότε μιλάμε για αντιπληθωρισμό.

Επιτόκιο αναγωγής (Discount rate)

Το επιτόκιο αναγωγής ή επιτόκιο προεξόφλησης χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η Παρούσα Αξία μιας σειράς μελλοντικών εισροών ή εκροών. Το επιτόκιο αναγωγής καθορίζεται από τον επενδυτικό φορέα, στο πλαίσιο των κανόνων της αγοράς αλλά με υποκειμενικά κατά βάση κριτήρια. Εκφράζει είτε το κόστος κεφαλαίου της ήδη υπάρχουσας επιχείρησης, είτε το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο από τον αποφασίζοντα, προκειμένου να καλυφθεί ο κίνδυνος της εξεταζόμενης επένδυσης έναντι μιας πιο ασφαλούς τοποθέτησης. Συνήθως, η τιμή του επιτοκίου αναγωγής είναι 8% - 12%. Το επιτόκιο αναγωγής μπορεί να θεωρηθεί ότι συντίθεται από:

- Το καθαρό επιτόκιο, δηλαδή το επιτόκιο που δικαιούται ένας επενδυτής μόνο και μόνο για την χρήση του κεφαλαίου σε μια επένδυση που δεν παρουσιάζει ρίσκο.
- Την προσαύξηση του επιτοκίου λόγω ρίσκου.
- Την προσαύξηση λόγω πληθωρισμού.

Διάρκεια ζωής του έργου

Ο χρήστης εισάγει τη ζωή του έργου (έτος), η οποία είναι η διάρκεια κατά την οποία η οικονομική βιωσιμότητα του έργου αξιολογείται. Ανάλογα με τις περιστάσεις, μπορεί να αντιστοιχεί με την αναμενόμενη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού σχετικών με την ενέργεια, ο όρος του χρέους, ή κατά τη διάρκεια μιας συμφωνίας αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Το μοντέλο μπορεί να αναλύσει μέχρι και 50 χρόνια ζωής του έργου.

Χρηματοδότηση:

Κίνητρα και επιχορηγήσεις

Με τον όρο επιχορήγηση (ή επιδότηση) εννοείται η δωρεάν χρηματοδότηση, χωρίς την υποχρέωση επιστροφής ή την χρέωση τόκων, μέρους του συνολικού ύψους μιας επένδυσης. Οι επιχορηγήσεις δίνονται από δημόσιες, εθνικές ή κοινοτικές αρχές, ως κίνητρο για την ενθάρρυνση και την πραγματοποίηση επενδύσεων, οι οποίες δημιουργούν νέες θέσεις απασχόλησης και ανταποκρίνονται σε ορισμένα κριτήρια.

Σύμφωνα με τις τελευταίες αλλαγές στον αναπτυξιακό νόμο 3908/2011 ο οποίος αφορά την ενίσχυση ιδιωτικών επενδύσεων για την οικονομική ανάπτυξη, την επιχειρηματικότητα και την περιφερειακή συνοχή, τα αιολικά πάρκα και λοιπά επενδυτικά σχέδια σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, εκτός από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα, εντάσσονται στις κατηγορίες γενικής επιχειρηματικότητας και περιφερειακής συνοχής τα οποία επιδοτούνται.

Τοκοχρεολύσιο (Debt ratio):

Το ποσοστό του συνολικού κόστους που θα χρειαστεί να δανειστεί ο ιδιώτης. Ο χρήστης εισάγει τον δείκτη χρέους (%) για τον υπολογισμό της καθαρής θέσης των επενδύσεων που απαιτούνται για την χρηματοδότηση του έργου. Για παράδειγμα, οι δείκτες χρέους τυπικά κυμαίνονται οπουδήποτε από 0 έως 90%, με 50 έως 90% να είναι οι πιο κοινές.

Επιτόκιο δανεισμού (Rate)

Επιτόκιο είναι ο τόκος ανά μονάδα χρόνου και κεφαλαίου. Συνήθως εκφράζεται επί τοις εκατό ανά έτος. Στο επιτόκιο δανεισμού ο δανειζόμενος καταβάλλει για χρήματα που δανείσθηκε και αποτελεί δαπάνη.

Περίοδος χρέους

Ο αριθμός των ετών κατά τα οποία εξοφλείται η οφειλή. Ο όρος του χρέους είναι είτε ίση ή μικρότερη από τη διάρκεια ζωής του έργου. Γενικά, όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια, τόσο περισσότερο η οικονομική βιωσιμότητα ενός ενεργειακού έργου βελτιώνεται. Ο όρος του χρέους πέφτει συνήθως μέσα σε ένα εύρος 1 έως 25 ετών. Δεν πρέπει να υπερβαίνει την εκτιμώμενη διάρκεια ζωής του έργου.

Με τα παραπάνω δεδομένα το RETScreen υπολογίζει τα παρακάτω:

Χρέος: το συνολικό ποσό που έχει δανειστεί ο επενδυτής και οφείλει να αποπληρώσει
Μετοχή: το αρχικό ποσό που θα επενδύσει ο ιδιώτης
Πληρωμές χρέους: ποσό που αποπληρώνεται κάθε χρόνο, λόγω του δανεισμού

Οικονομική Βιωσιμότητα

Όσον αφορά την Οικονομική Βιωσιμότητα της επένδυσης προβάλονται σημαντικές τιμές που την καθορίζουν όπως:

Ο Εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR)

Ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης συμβολίζεται με IRR(Internal Rate of Return) και ουσιαστικά αποτελεί το επιτόκιο εκείνο στο οποίο μηδενίζεται η Καθαρή Παρούσα Αξία. Πιο συγκεκριμένα η μέθοδος αξιολόγησης η οποία λαμβάνει σαν βασικό κριτήριο τον Εσωτερικό Συντελεστή Απόδοσης, αναφέρεται στο επιτόκιο εκείνο στο οποίο η παρούσα αξία των ταμειακών εισροών μιας επιχείρησης ισούται με την παρούσα αξία των ταμειακών
εκροών.

Η ακριβής μαθηματική απόδοση της παραπάνω σχέσης εκφράζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\text{ΚΠΑ} = \sum_{\tau=1}^{\nu} \left[\text{ΚΤΡ}_{\tau}(\text{ΣΠΑ}_{\kappa,\nu})\right] - \text{ΚΕ} = 0$$

ή αλλιώς απο τη σχέση

$$\sum_{\tau=1}^{\nu} [\text{ΚΤΡ}_{\tau}(\text{ΣΠΑ}_{\kappa,\nu})] = \text{ΚΕ}$$

Προκειμένου να υπολογίσουμε τον Εσωτερικό Συντελεστή Απόδοσης ακολουθούμε
την παρακάτω διαδικασία:

- Υπολογίζουμε τις σχετικές καθαρές ταμειακές ροές.
- Για την προεξόφληση των προαναφερθέντων ταμειακών ροών για κάθε εξεταζόμενη χρονιά χρησιμοποιούμε ένα υψηλό και ένα χαμηλό Εσωτερικό συντελεστή απόδοσης.
- Υπολογίζουμε τον ακριβή συντελεστή απόδοσης με βάση τον τύπο που ακολουθεί:

  IRR = IRR1 - [(IRR1-IRR2)/ΘΚΠΑ]*ΑΚΠΑ

όπου

- ΘΚΠΑ = η θετική ΚΠΑ που προκύπτει ύστερα από χρήση του χαμηλού Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης
- ΑΚΠΑ= η αρνητική ΚΠΑ που προκύπτει ύστερα από χρήση του υψηλού Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης

<u>Καθαρή παρούσα αξία (Net Present Value - NPV)</u>

Η Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV) αποτελεί όπως έχει ήδη αναφερθεί μια σημαντική οικονομική παράμετρο, καθώς ουσιαστικά είναι ένα μέτρο σύγκρισης της αξιας των χρημάτων στο παρόν με την αξία των χρημάτων στο μέλλον.
Άν ο NPV είναι θετικός τοτε η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα ενώ σε αντίθετη περίπτωση μπορεί να χαρακτηριστεί από οριακή έως ασύμφορη.

Ο τύπος που μας δίνει τον NPV είναι ο ακόλουθος:

$$\text{ΚΠΑ} = \sum_{r=1}^{\nu} \left[\frac{\text{ΚΤΡ}_{r}}{(1+k)^{r}}\right] - \text{ΚΕ}$$

ΚΠΑ= Καθαρή παρούσα αξία
ΚΤΡ*r* = Καθαρή ταμειακή ροή στην περίοδο r
ΚΕ= Κόστος επένδυσης
k = Μέσο σταθμικό κόστος κεφαλαίου
ν= Αριθμός περίοδων

Στον δείκτη καθαρής παρούσας αξίας διακρίνονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

- NPV>0: Η επένδυση είναι βιώσιμη κάτω από τις δεδομένες συνθήκες (οικονομικό κύκλο ζωής, ν, και επιθυμητό βαθμό απόδοσης της επένδυσης, k).

- NPV=0: Η επένδυση είναι βιώσιμη με μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης ίσο με κ.
- NPV<0: Η επένδυση είναι αντιοικονομική.

Η καθαρή ταμειακή ροή για κάθε έτος είναι το άθροισμα της απόσβεσης και του καθαρού κέρδους, τα οποία ήδη έχουν υπολογιστεί προηγουμένως.

Ο υπολογισμός του μέσου σταθμικού κόστους κεφαλαίου (d) εξαρτάται από τις εξής παραμέτρους:

- Την χρηματοδότηση από τις τράπεζες, η οποία εμφανίζεται με μέσο κόστος δανειακού κεφαλαίου ίσο με το επιτόκιο της τραπεζικής χρηματοδότησης.
- Το κεφάλαιο που αντιστοιχεί στο ποσοστό συμμετοχής των μετόχων,το κόστος του οποίο λαμβάνεται λίγο μεγαλύτερο από το επιτόκιο της τραπεζικής χρηματοδότησης εξαιτίας του μεγαλύτερου χρηματοοικονομικού κινδύνου που παρουσιάζει.
- Την επιδότηση που λαμβάνεται από το κράτος η οποία και δεν παρουσιάζει χρηματοοικονομικό κίνδυνο γι'αυτό και πολλαπλασιάζεται με 0 , επομένως δεν έχει κόστος.

Επομένως το μέσος σταθμικό κόστος κεφαλαίου προκύπτει από την ακόλουθη σχεση:

k = χρηματοδότηση απο τράπεζες x επιτόκιο τραπεζικής χρηματοδότισης
+ κεφάλαιο μετόχων x κόστος + επιδότηση x 0 % = ? %

Απλός χρόνος αποπληρωμής (Simple payback)

Σαν απλός χρόνος αποληρωμής ορίζεται η χρονική διάρκεια, σε χρόνια, που πρέπει να περάσουν για να εισπράξει ο επενδυτής το αρχικό κόστος της επένδυσης. Ο απλός χρόνος αποληρωμής δεν είναι ένα μέτρο που μας δείχνει πόσο επικερδής είναι μια μία επιχείρηση αλλά είναι ένα χρονικό μέτρο που μας δείχνει πόσα χρόνια απαιτούνται για την ανάκτηση του αρχικού κεφαλαίου.

Έτος θετικής ταμειακής ροής (Year to positive cash flow)

Το έτος θετικής ταμειακής ροής είναι το έτος όπου η επένδυση έχει κάνει απόσβεση του αρχικού της κεφαλαίου λαμβάνοντας υπόψη τη διαχρονική αξία του χρήματος.

Ετήσιες αοταμιεύσεις του κύκλου ζωής (Annual life cycle savings)

Με τον όρο ετήσιες αποταμιεύσεις του κύκλου ζωής εννοείται η ετήσια ταμειακή ροή (σταθερή για κάθε έτος) η οποία για τη διάρκεια ζωής του έργου και το επιτόκιο αναγωγής του έργου θα έδινε την ίδια καθαρά παρούσα αξία με το έργο.

Αναλογία οφέλους – κόστους (Benefit – Cost ratio)

Η αναλογία των καθαρών κερδών ως προς το κόστος είναι ένας ακόμα δείκτης που υπολογίζεται για να βρεθεί το κατά πόσο είναι ένα έργο κερδοφόρο. Τα καθαρά οφέλη αντιροσωπεύουν την παρούσα αξία των ετήσιων εσόδων ενώ το κόστος ορίζεται ως τα αρχικά κεφάλαια του έργου. Όταν η αναλογία αυτή είναι πάνω από τη μονάδα τότε το έργο χαρακτηρίζεται αυτομάτως ως κερδοφόρο. Όσο πιο μεγάλη είναι η αναλογία του καθαρού κέρδους ως προς το κόστος τόσο πιο κερδοφόρο είναι το έργο.

Οικονομικός κύκλος ζωής

Ως οικονομικός κύκλος ζωής μιας επένδυσης θεωρείται η χρονική περίοδος κατά τη διάρκεια της οποίας ανακτάται το αρχικό επενδυτικό κεφάλαιο καθώς και η επιθυμητή απόδοση αυτού. Ο οικονομικός κύκλος ζωής πρέπει να είναι ίσος ή μικρότερος της πραγματικής ζωής του βασικού εξοπλισμού της επένδυσης.

Συμπερασματικά λοιπόν μία πιθανή επένδυση μπορεί να καταστεί βιώσιμη και πόσο, καθορίζεται απο την αλληλεπίδραση των παραπάνω οικονομικών παραγόντων. Συγκεκριμένα, ο κυλιόμενος φόρος κόστους καυσίμου επηρεάζει τον πληθωρισμό της χώρας που γίνεται η επένδυση και αυτός με τη σειρά του καθορίζει το επιτόκιο αναγωγής. Σε συνδιασμό και με τις συνθήκες χρηματοδότησης του έργου, δηλαδή τα πιθανά κίνητρα, τις επιχορηγήσεις ή τα τραπεζικά δάνεια με συγκεκριμένο επιτόκιο δανεισμού, οδηγούν στον υπολογισμό του συνολικού ποσού που θα πρέπει να δανειστεί ο επενδυτής και οφείλει να αποπληρώσει (*Χρέος),* το αρχικό ποσό που θα επενδύσει (*Μετοχή),* και τις πληρωμές χρέους που θα κάνει ετησίως.

Όλα αυτα έχουν σαν αποτέλεσμα τον καθορισμό συγκεκριμένων δεικτών όπως ο Εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) , η Καθαρή παρούσα αξία (NPV), ο Απλός χρόνος αποπληρωμής (Simple payback), το Έτος θετικής ταμειακής ροής (Year to positive cash flow) , οι Ετήσιες αποταμιεύσεις του κύκλου ζωής (Annual life cycle savings) , η Αναλογία οφέλους – κόστους (Benefit – Cost ratio) και ο οικονομικός κύκλος ζωής μιας επένδυσης., τα οποία καθορίζουν ξεκάθαρα τη βιωσιμώτητά της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο

Παρουσίαση βημάτων λογισμικού RETScreen

7.1 Εισαγωγή στο πρόγραμμα

Το λογισμικό RETScreen είναι ένα πάρα πολύ εύχρηστο εργαλείο το οποίο έχει την ικανότητα να αξιολογεί επενδυτικά σχέδια τα οποία αφορούν παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Θα περιγραφεί αναλυτικά ο τρόπος ου καταχωρεί ο χρήστης τα στοιχεία που θέλει το πρόγραμμα για να δώσει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα θεωρείται από τα πλέον αξιόλογα αφού έχει αναπτυχθεί από διακεκριμένους γνώστες του χώρου τόσο της ακαδημαϊκής όσο και της βιομηχανικής κοινότητας. Το RETScreen παραχωρείται ελεύθερα από το διαδίκτυο και αποτελεί εφαρμογή πάνω στο πρόγραμμα Excel του Microsoft Office. Η έκδοση η οποία χρησιμοποιείται στην εργασία είναι η RETScreen 4.

7.2 Γενική παρουσίαση του RETScreen

Η εφαρμογή του RETScreen μπορεί να έχει παγκόσμια εφαρμογή αφού χρησιμοποιεί δεδομένα από σχεδόν όλες τις χώρες παγκοσμίως. Το πρόγραμμα παράγει αποτελέσματα τα οποία είναι προσιτά στον χρήστη και σχετίζονται με τον υπολογισμό της παραγωγής ενέργειας, του κόστους των εγκαταστάσεων, την μείωση των εκπομπών που είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς και το χρόνο απόσβεσης της επένδυσης που μελετά ο χρήστης.

Ακόμα ο χρήστης μπορεί να κάνει εφαρμογές με τα περισσότερα μοντέλα απο την μονάδα που θέλει να χρησιμοποιήσει, αφού είναι καταχωρημένα μέσα στο πρόγραμμα όλα τα στοιχεία τους. Όσα στοιχεία δεν υπάρχουν, ο χρήστης μπορεί να εισάγει τα χαρακτηριστικά τους. Το πρόγραμμα παρέχει και τα μετεωρολογικά δεδομένα της κάθε περιοχής που μελετά ο χρήστης.

Με όλα τα παραπάνω ο χρήστης μπορεί να πραγματοποιήσει εφαρμογές που αφορούν είτε συνδεδεμένο είτε απομακρυσμένο δίκτυο.

Το πρόγραμμα χρησιμοιεί τέσσερις διαφορετικούς τύπους κελιών στο Excel τα οποία ξεχωρίζουν από την απόχρωση τους. Αυτοί οι τύποι κελιών είναι:

1) Τα <u>λευκά κελιά</u> που περιλαμβάνουν τα αποτελέσματα που βγάζει το μοντέλο και συμπληρώνονται από αυτό.
2) Τα <u>κίτρινα κελιά</u> που είναι απαραίτητα για να τρέξει το μοντέλο και είναι δεδομένα που τα εισάγει ο χρήστης.
3) Τα <u>γαλάζια κελιά</u>, που είναι απαραίτητα για να τρέξει το μοντέλο, και υπάρχουν σε αυτά πληροφορίες από τη βάση δεδομένων του προγράμματος και τα εισάγει ο χρήστης.
4) Τα <u>γκρι κελιά</u> που **δεν** είναι αραίτητα για να τρέξει το μοντέλο και τα βάζει ο χρήστης μόνο για απλή αναφορά.

Το κύριο μέρος του λογισμικού οτελείται από πέντε λογιστικά φύλλα. Αυτά είναι τα ακόλουθα:

7.2.1 Εκκίνηση

7.2.2 Ενεργειακό μοντέλο

7.2.3 Ανάλυση κόστους

7.2.4 Ανάλυση εκπομπών

7.2.5 Οικονομική ανάλυση

Παρακάτω ακολουθεί αναλυτική περιγραφή αυτών των βασικών για την λειτουργία του προγράμματος, φύλλα:

7.2.1 Εκκίνηση

Σε αυτό το φύλλο συμπληρώνονται τα βασικά χαρακτηριστικά του έργου που θελουμε να υλοποιήσουμε. Συγκεκριμένα επιλέγουμε:

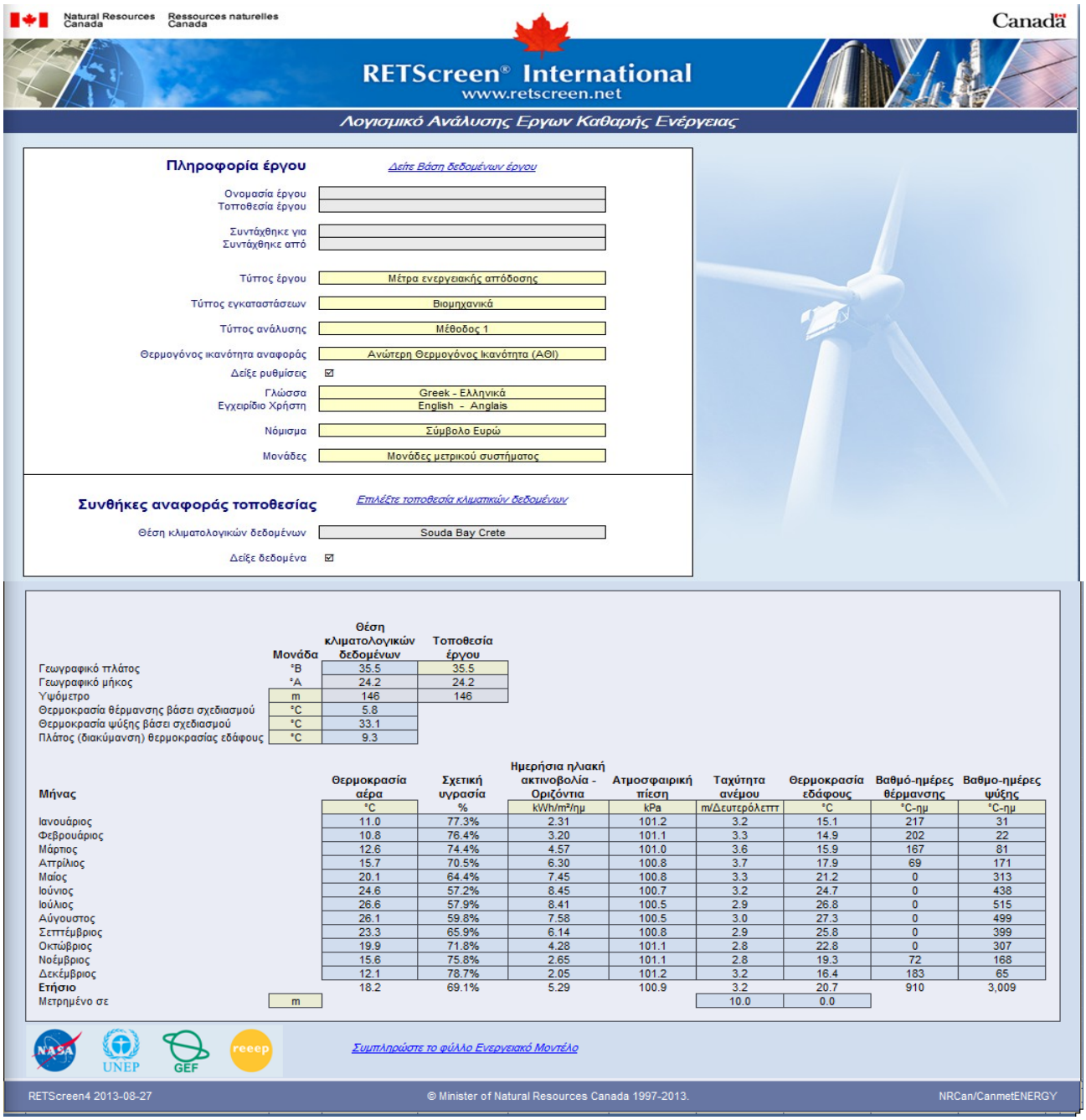
Όσον αφορά το πρώτο τμήμα του συγκεκριμένο φύλλου συμπληρώνονται πληροφορίες σχετικά με το έργο, όπως:

- η ονομασία και τοποθεσία του έργου,
- ο τύπος του (παραγωγή-συμπαραγωγή θερμότητας / ηλεκτρισμού/ψύξης),
- η τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί (φωτοβολταικό,αιολικό,αεριοστρόβιλος,εμβολοφόρος μηχανή,υδροστρόβιλος, κυματική ενέργεια,ηλιακή θερμική ενέργεια,γεωθερμική),
- ο τύπος του δικτύου (κεντρικό δίκτυο, κεντρικό δίκτυο με εσωτερικό φορτίο, το απομονωμένο δίκτυο και την περίπτωση που η εγκατάσταση βρίσκεται εκτός δικτύου)
- ο τύπος ανάλυσης της εφαρμογής, μέσω του RETScreen, που θέλουμε να υλοποιήσουμε. (μεθοδος 1 ή 2 ή 3)
- επιλογή της θερμογόνου ικανότητας αναφορας (ανώτερης/κατώτερης)
- επιλογή της θερμογόνου ικανότητας αναφορας (ανώτερης/κατώτερης)
- και άλλες πληροφορίες όπως το νόμισμα, η γλώσσα και οι μονάδες μέτρησης.

Η θερμογόνος δύναμη μετρά την ικανότητα παραγωγής θερμικής ενέργειας ενός υλικού, το οποίο μπορεί να καεί, κατά την καύση του.Είναι η θερμική ενέργεια που εκλύεται κατά την καύση ενός κιλού στερεού ή υγρού καυσίμου ή ενός κυβικού μέτρου αερίου καυσίμου που βρίσκεται σε κανονικές συνθήκες. Διακρίνεται σε Κατώτερη και Ανώτερη θερμογόνο δύναμη. Εξ ορισμού η Ανώτερη Θερμογόνος ύναμη επιλέγεται όταν στα προϊόντα καύσης το νερό βρίσκεται σε υγρή κατάσταση, δεν έχει απορροφήσει δηλαδή ενέργεια.

Αντίστοιχα, η Κατώτερη Θερμογόνος δύναμη αναφέρεται σε προϊόντα καύσης που το νερό βρίσκεται σε αέρια κατάσταση (υδρατμοί), το νερό έχει απορροφήσει ενέργεια και η θερμογόνος δύναμη, που έχει κατά συνέπεια μικρότερη τιμή από της ανώτερης, ονομάζεται Κατώτερη Θερμογόνος δύναμη.

Έπειτα ακολουθούν πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας, όπου επιλέγεται η κατάλληλη τοποθεσία κλιματολογικών δεδομένων μέσα απο πρόσβαση σε μια βάση δεδομένων με μετεωρολογικά δεδομένα ανά τον κόσμο.



Εικόνα 7-1

7.2.2 Ενεργειακό μοντέλο

Σε αυτό το σημείο καθορίσαμε απαραίτητα τεχνικά χαρακτηριστικά, διαφορετικά κάθε φορά ανάλογα την επένδυση που θέλουμε να υλοποιήσουμε.

Για ένα **Αιολικό πάρκο**:

Συγκεκριμένα για ένα Αιολικό πάρκο πρέπει να συμπληρωθούν πληροφορίες που σχετίζονται με την αξιολόγηση πηγών και τις ανεμογενήτριες που θα χρησιμοποιηθούν ακολουθούμενες απο μια μικρή περίληψη

Όσον αφορα την **αξιολόγηση πηγών** καθορίσαμε τη Μέθοδο (εκτίμησης) φυσικών πόρων και την ετήσια Ταχύτητα ανέμου, Θερμοκρασίας και Ατμοσφαιρικής πίεσης της περιοχής εγκατάστασης του έργου.

Αξιολόγηση πηγών
Μέθοδος (εκτίμησης) φυσικών πόρων: Ταχύτητα ανέμου — ☑ **Δείξε δεδομένα**

			Souda Bay Crete
Ταχύτητα ανέμου - ετήσια	m/Δευτερόλεπτο	6,2	3,2
Μετρημένο σε	m	30,0	10,0
Εκθέτης παραμόρφωσης ανέμου		0,15	
Θερμοκρασία αέρα - ετήσια	°C	16,5	18,2
Ατμοσφαιρική πίεση - ετήσια	kPa	100,9	100,9

Εικόνα 7-2

Σχετικά με τις **ανεμογεννήτριες** που θα χρησιμοποιηθούν, επιλέχθηκαν: η ισχύς ανα στρόβιλο, η κατασκευάστρια εταιρία, το συγκεκριμένο μοντέλο, ο αριθμός των στροβίλων, το ύψος πυλώνα, η διάμετρος ρότορα και η επιφάνεια σάρωσης ανα στρόβιλο και τέλος τα δεδομένα καμπύλης ισχύος ανά ταχύτητα ανέμου

Ανεμογεννήτρια

Ισχύς ανά στρόβιλο	kW	2.000,0	
Κατασκευαστής		Vestas	
Μοντέλο		VESTAS V90-2.0 MW - 80m	
Αριθμός στροβίλων		10	
Ηλεκτρική ισχύς	kW	20.000,0	
Ύψος πυλώνα	m	80,0	7,2 m/Δευτερόλεπτ
Διάμετρος ρότορα ανά στρόβιλο	m	90	
Επιφάνεια σάρωσης ανά στρόβιλο	m²	6.362	
Καμπύλες ενεργειακών δεδομένων		Τυποποιημένο	
Παράγων σχήματος		2,0	

Εικόνα 7-3

☑ Δείξε δεδομένα

Ταχύτητα ανέμου m/Δευτερόλεπτο	Δεδομένα καμπύλης ισχύος kW	Καμπύλες ενεργειακών MWh
0	0,0	
1	0,0	
2	0,0	
3	0,0	517,1
4	56,0	1.525,8
5	165,0	3.012,6
6	339,0	4.719,1
7	570,0	6.401,9
8	863,0	7.925,7
9	1.215,0	9.243,3
10	1.606,0	10.350,9
11	1.878,0	11.253,1
12	1.974,0	11.974,6
13	1.995,0	12.509,5
14	2.000,0	12.873,9
15	2.000,0	13.082,3
16	2.000,0	
17	2.000,0	
18	2.000,0	
19	2.000,0	
20	2.000,0	
21	2.000,0	
22	2.000,0	
23	2.000,0	
24	2.000,0	
25 - 30	2.000,0	

Εικόνα 7-4

Άλλα βασικά πεδία που συμπληρώνουμε είναι:

Το ποσοστό ***απωλειών διάταξης***, που οφείλεται στην αλληλεπίδραση των ανεμογεννητριών μεταξύ τους μέσω των κυματισμών τους. Ανεμογεννήτριες στη «σκιά» άλλων δεν "βλέπουν" τόσο πολύ άνεμο όπως τα μπροστινά τους και ως αποτέλεσμα η παραγωγή ενέργειας μειώνεται. Οι απώλειες εξαρτώνται από την απόσταση των στροβίλων, τον προσανατολισμό, τα χαρακτηριστικά του τόπου και της τοπογραφίας. Τυπικές τιμές είναι 0-20%, όμως για μικρό αριθμό μονάδων το ποσοστό αυτό περιορίζεται έως 5%.

Οι ***απώλειες πτερυγίου*** προκαλούνται από το λέρωμα των λεπίδων με συσσώρευση πάγου και από άλλα σφάλματα τα οποία επηρεάζουν την αεροδυναμική απόδοση των λεπίδων και εμποδίζουν την εκκίνησή τους. Αυτό μπορεί να βελτιωθεί με το πλύσιμο των λεπίδων τακτικά ή τη θέρμανση της ακμής των λεπίδων. Οι απώλειες αυτές εξαρτώνται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, το υψόμετρο στο οποίο είναι εγκατεστημένο το μηχάνημα, το επίπεδο της υγρασίας και του σχεδιασμού της μηχανής. Τυπικές τιμές κυμαίνονται από 1 έως 10% της «Ακαθάριστη παραγωγής ενέργειας»

Οι ***λοιπές απώλειες*** παραγωγής ενέργειας που οφείλονται στο ξεκινά-σταματά, στον ισχυρό άνεμο και σε τυχόν παρασιτικές απαιτήσεις ισχύος και απώλειες στη γραμμή μεταφοράς από το χώρο πραγματοποίησης του έργου μέχρι το σημείο όπου το έργο συνδέεται με το τοπικό δίκτυο διανομής. Τυπικές τιμές κυμαίνονται από 2 έως 6% της «Ακαθάριστης παραγωγής ενέργειας"

Η ***διαθεσιμότητα*** όλων των ανεμογεννητριών σε ένα αιολικό πάρκο που μπορεί να επηρεαστεί απο τις τοπολογικές συνθήκες και κυμαίνεται απο 93-98%

Απώλειες διάταξης	%	5,0%
Απώλειες πτερυγίου	%	2,0%
Λοιπές απώλειες	%	3,0%
Διαθεσιμότητα	%	95,0%

Εικόνα 7-5

Στο τελευταίο τμήμα της καρτέλας υπάρχει **περίληψη** που πελιλαμβάνει το συντελεστή χρησιμοποίησης, τη συνολική παραγώμενη ηλεκτρική ενέργεια και η τιμή του πωλούμενου ηλεκτρισμού.

Συγκεκριμένα, ο **συντελεστής χρησιμοποίησης** που υπολογίζεται απο το μοντέλο, αντιπροσωπεύει την αναλογία της μέσης παραγώμενης ενέργειας από την μονάδα παραγωγής ενέργειας πάνω από ένα χρόνο για να αξιολογηθεί η ικανότητα ισχύος. Τυπικές τιμές για τον συντελεστή χρησιμοποίησης είναι στο εύρος του 20-40%.

Η συνολική **ηλεκτρική ενέργεια** που διοχετεύεται στο δίκτυο υπολογίζεται απο το μοντέλο βάση της στρατηγικής λειτουργίας που ακολουθήθηκε.

Τέλος συμπληρώνεται η **τιμή του πωλούμενου ηλεκτρισμού** που καταβάλεται απο την ηλεκτρική εταιρία ή άλλο αγοραστή, σύμφωνα με την εκάστοτε νομοθεσία.

Περίληψη		
Συντελεστής ισχύος	%	32,4%
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	56.784
Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού	EUR/MWh	99,45

Εικόνα 7-6

Για ένα **φωτοβολταικό πάρκο**:

Όσον αφορα την **αξιολόγηση πηγών** καθορίσαμε τη Λειτουργία παρακολούθησης του ήλιου (Κεφαλαιο 3.3.4), την κλίση και το αζιμούθιο

Ενεργειακό Μοντέλο RETScreen - Εργο ηλεκτροπαραγωγής

Σύστημα ηλεκτρισμού προτεινόμενης περίπτωσης

Τύπος ανάλυσης: ○ Μέθοδος 1 ◉ Μέθοδος 2

Αξιολόγηση πηγών

Λειτουργία παρακολούθησης του ήλιου		Σταθεροποιημένα
Κλίση	°	30,0
Αζιμούθιο	°	0,0

☑ Δείξε δεδομένα

Μήνας	Ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία - Οριζόντια kWh/m²/ημ	Ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία - kWh/m²/ημ	Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού €/MWh	Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο MWh
Ιανουάριος	2,31	3,30	500,0	7,153
Φεβρουάριος	3,20	4,14	500,0	8,049
Μάρτιος	4,57	5,29	500,0	11,198
Απρίλιος	6,30	6,55	500,0	13,141
Μαίος	7,45	7,05	500,0	14,310
Ιούνιος	8,45	7,63	500,0	14,614
Ιούλιος	8,41	7,74	500,0	15,158
Αύγουστος	7,58	7,61	500,0	14,909
Σεπτέμβριος	6,14	6,96	500,0	13,403
Οκτώβριος	4,28	5,52	500,0	11,281
Νοέμβριος	2,65	3,74	500,0	7,663
Δεκέμβριος	2,05	3,01	500,0	6,506
Ετήσιο	**5,29**	**5,72**	**500,00**	**137,384**

Ετήσια ηλιακή ακτινοβολία - οριζόντιο επίπεδο	MWh/m²	1,93
Ετήσια ηλιακή ακτινοβολία - επικλινές επίπεδο	MWh/m²	2,09

Εικόνα 7-7

Για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που θα χρησιμοποιηθούν, επιλέγεται ο τύπος του πλαισίου (Πολυ-Si/Μονο-Si), η κατασκευάστρια εταιρία και το συγκεκριμένο μοντέλο.

Φωτοβολταϊκό			
Τύπος		Πολυ-Si	
Ηλεκτρική ισχύς	kW	80,14	
Κατασκευαστής		Sharp	
Μοντέλο		Πολυ-Si - ND-Q235F4	341 μονάδα(-ες)
Βαθμός απόδοσης	%	14,4%	
Ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας κελλίου	°C	45	
Συντελεστής θερμοκρασίας	% / °C	0,40%	
Επιφάνεια ηλιακού συλλέκτη	m²	556	
Λοιπές απώλειες	%	5,0%	

Εικόνα 7-8

Για το μετατροπέα που θα χρησιμοποιηθεί, επιλέγεται ο Βαθμός απόδοσης, η Ισχύς και οι λοιπές απώλειες

Μετατροπέας (inverter)		
Βαθμός απόδοσης	%	93,0%
Ισχύς	kW	72,0
Λοιπές απώλειες	%	0,0%

Εικόνα 7-9

Στο τελευταίο τμήμα της καρτέλας υπάρχει **περίληψη** που πελιλαμβάνει:

Το **συντελεστή χρησιμοποίησης** που υπολογίζεται απο το μοντέλο, το οποίο αντιπροσωπεύει την αναλογία της μέσης παραγώμενης ενέργειας από την μονάδα παραγωγής ενέργειας πάνω από ένα χρόνο για να αξιολογηθεί η ικανότητα ισχύος. Τυπικές τιμές για τον συντελεστή χρησιμοποίησης είναι στο εύρος του 20-40%.

Την συνολική **ηλεκτρική ενέργεια** που διοχετεύεται στο δίκτυο όπως αυτή υπολογίζεται απο το μοντέλο βάση της στρατηγικής λειτουργίας που ακολουθήθηκε.

Περίληψη		
Συντελεστής ισχύος	%	19,6%
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	137,384

Εικόνα 7-10

Για ένα **έργο βιομάζας**:

Τα χαρακτηριστικά του συστήματος ηλεκτρισμού προτεινόμενης περίπτωσης συμπληρώνονται στο RETScreen ως εξής:

Σύστημα ηλεκτρισμού προτεινόμενης περίπτωσης				
Επιλογή Συστήματος	Σύστημα φορτίου βάσης			
Σύστημα του ηλεκτρικού φορτίου βάσης				
Τεχνολογία	Εμβολοφόρος μηχανή			
Διαθεσιμότητα	%		95,0%	8.322 ώρα
Μέθοδος επιλογής καυσίμου	Μόνο ένα καύσιμο			
Τύπος Καυσίμου	Ντίζελ (#2 πετρέλαιο) - L			
Τιμή Καυσίμου	€/L	1,330		
Εμβολοφόρος μηχανή				
Ηλεκτρική ισχύς	kW	30	19,4%	
Ελάχιστη ισχύς	%	30,0%		
Ηλεκτρική ενέργεια αποδιδόμενη στο φορτίο	MWh	102	22,1%	
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	2		
Κατασκευαστής	GM			
Μοντέλο	FIRE			1 μονάδα(-ες)
Ειδική κατανάλωση θερμότητας	kJ/kWh	9.500		
Απόδοση ανάκτησης θερμότητας	%	80,0%		
Απαιτούμενη ποσότητα καυσίμου	GJ/ώρα	0,3		
Ισχύς θέρμανσης	kW	39,3	31,2%	

Εικόνα 7-11

Επιλογή Συστήματος: Σύστημα φορτίου βάσης. Οι διαθέσιμες επιλογές είναι Σύστημα φορτίου βάσης και ενδιαμέσου φορτίου, όπου η λειτουργία με φορτίο βάσης σημαίνει 90% του χρόνου αποδοτική και χαμηλού κόστους παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ με ενδιάμεσο φορτίο λειτουργούν οι μονάδες που κλείνουν τις πρώτες πρωινές ώρες και παράγουν μέγιστη ισχύ κατά τη διάρκεια της μέρας και κατά τις περιόδους αιχμής της ζήτησης.

Τεχνολογία: Γίνεται επιλογή μεταξύ πολλών διαφορετικών τεχνολογιών

Διαθεσιμότητα: ώρες ή ποσοστό επί τοις εκατό ετήσιας διαθεσιμότητας του συστήματος ετησίως. Οι συνήθεις τιμές κυμαίνονται από 91,3% μέχρι 95,9%

Μέθοδος επιλογής καυσίμου: επιλέγονται ένα ή πολλαπλά καύσιμα

Τύπος καυσίμου: Ο χρήστης επιλέγει τον τύπο καυσίμου από τη λίστα. Ανάλογα με την επιλογή της «αναφοράς τιμή θέρμανσης" στο φύλλο εργασίας Έναρξη η σχετική αξία θέρμανσης θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς.

Τιμή καυσίμου: Επιλέγεται η τιμή του καυσίμου που επιλέχθηκε.

Ηλεκτρική ισχύς: Ο χρήστης εισάγει την ηλεκτρική ισχύ. Για τα έργα με ένα εσωτερικό φορτίο, υπολογίζεται το ποσοστό της ηλεκτρικής ισχύος πάνω από το προτεινόμενο μέγιστο φορτίο του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας.

Ελάχιστη ισχύς: Ο χρήστης εισάγει την ελάχιστη ισχύς που ο εξοπλισμός ισχύος μπορεί να λειτουργήσει, σαν ποσοστό της ηλεκτρικής ισχύος που τέθηκε παραπάνω.

Για τα έργα με ένα εσωτερικό φορτίο, η τιμή αυτή συγκρίνεται με το μηνιαίο "Power net average load» για το προτεινόμενο σύστημα υπόθεσης, όπως υπολογίζεται στο φύλλο Φορτίο & Δίκτυο. Εάν η ελάχιστη

ικανότητα υπερβαίνει τη δύναμη του καθαρού μέσου φορτίου για κάποιους μήνες, ο χρήστης θα πρέπει να προσαρμόσει την τιμή αυτή έως ότου η ελάχιστη χωρητικότητα πάντα να διατηρείται. Ένας τρόπος να γίνει αυτό είναι να έχουμε πολλές μικρότερες μονάδες, με την ίδια συνολική χωρητικότητα ισχύος που να συνδυάζονται, και να τρέχουν παράλληλα.

Τυπικά ελάχιστη χωρητικότητα είναι 25% για τις παλινδρομικές μηχανές, και 40% για αεριοστροβίλους και τουρμπίνες ατμού. Τυπικά ελάχιστη χωρητικότητα για κυψέλες καυσίμου είναι 25% για ισχύ πάνω από 10 kW και 35% για ισχύ μικρότερη από 10 kW.

Ειδική κατανάλωση θερμότητας: Για τα έργα με ένα εσωτερικό φορτίο, το μοντέλο υπολογίζει την ηλεκτρική ενέργεια που παρέχεται στο φορτίο από το σύστημα παροχής ενέργειας με βάση τη στρατηγική λειτουργίας που επιλέγεται στην ενότητα "στρατηγική λειτουργίας" στο κάτω μέρος αυτού του φύλλου εργασίας.

Το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχεται στο φορτίο κατά την προτεινόμενη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας περίπτωση υπολογίζεται επίσης.

Απόδοση ανάκτησης θερμότητας: Το μοντέλο υπολογίζει την ηλεκτρική ενέργεια που διοχετεύεται στο δίκτυο. Για τα έργα με ένα εσωτερικό φορτίο, η τιμή αυτή υπολογίζεται με βάση τη στρατηγική λειτουργίας που επιλέγεται στην ενότητα "στρατηγική λειτουργίας" στο κάτω μέρος αυτού του φύλλου εργασίας.. Οι συνήθεις τιμές κυμαίνονται από 50-80% και ο τρόπος υπολογισμού είναι διαιρώντας την αποδιδόμενη θερμότητα προς την διαφορά της εισερχόμενης ισχύος στο σύστημα με την αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύ.

7.2.3 Ανάλυση Κόστους

Για την πραγματοποίηση ή όχι ενός έργου απαιτείται μια οικονομική ανάλυση της επιθυμητής επένδυσης, βάση συγκεκριμένων πεδίων που εξετάζονται στο τρίτο φύλλο εργασίας του προγράμματος RETScreen 4:

(a) Αρχικό κόστος:

(1) μελέτη σκοπιμότητας

(2) ανάπτυξη του έργου

(3) μηχανολογικά

(4) σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

(5) ισοζύγιο του συστήματος & διάφορα έξοδα

(b) Ετήσια κόστη

(c) Περιοδικά κόστη

Αναλυτικά:

(a) Αρχικό κόστος:

(1) Μελέτη Σκοπιμότητας

Με τη μελέτη αυτή μπορούμε να διαπιστώσουμε εαν μια επένδυση καθίσταται οικονομικά βιώσιμη, μελετώντας εάν θα υπάρξει μελλοντικά κέρδος ή ζημία, κάτι που θα καθορίσει την πραγματοποίηση ή ακύρωση του έργου.

Συγκεκριμένα, για τη μελέτη σκοπιμότητας συμπεριλαμβλανονται έξοδα που σχετίζονται με τον προκαταρκτικό σχεδιασμό του έργου, το λεπτομερή υπολογισμό του κόστους, τη διερεύνηση του χώρου, τη περιβαλλοντική αξιολόγηση και τα έξοδα όλων των απαραίτητων ταξιδίων.

Εξαιτίας της αναγκαιότητας εγκατάστασης μετεωρολογικών σταθμών στην περιοχή πραγματοποίησης του έργου, ετσι ώστε να έχουμε ακριβείς μετρήσεις και αξιολόγηση των φυσικών πόρων, αυτή η εγκατάσταση

αποτελεί και το μεγαλύτερο μέρος των εξόδων που αφορούν τη μελέτη σκοπιμότητας.

(2) <u>Ανάπτυξη του έργου</u>

Έξοδα για την ανάπτυξη του έργου αποτελούν οι απαραίτητες ενέργειες για τις απαιτούμενες άδειες, οι διαπραγματεύσεις συμβολαίων, πιθανά ταξίδια, νομικές και λογιστικές υπηρεσίες καθώς και η απαιτούμενη έκταση γης οπου θα γίνει το έργο. Στην περίπτωση που ο ο επενδυτής έχει στην κατοχή του την έκταση δεν θα έχει επιπλέον οικονομική επιβάρυνση.

(3) <u>Μηχανολογικά</u>

Η απαραίτητη επίβλεψη του μηχανικού καθ'όλη τη διάρκεια του έργου μαζί με τον αναγκαίο ηλεκτρολογικό, μηχανολογικό και οικοδομικό σχεδιασμό, την προκήρυξη διαγωνισμών και την υπογραφή συμβάσεων, επιβαρύνουν το κόστος της επένδυσης.

(4) <u>Σύστημα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας</u>

Το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας περιλλαμβάνει την αγορά των μονάδων που χρησιμοποιούμε κάθε φορά, των ανταλλακτικών τους, τη μεταφορά τους, καθώς και απρόοπτα έξοδα.

Αυτό το κομμάτι είναι το πιο δαπανηρό λόγω του κόστους βασικών μονάδων (ανεμογεννήτριες, φωτοβολταικά).

(5) Ισοζύγιο του συστήματος & Διάφορα έξοδα

Με το ισοζύγιο του συστήματος εννοούνται όλες οι εργασίες που αφορούν την εγκατάσταση του έργου, όπως:

- ανέργεση μονάδων (ανεμογεννήτριες, φωτοβολταικά)
- έργο οδοποιίας
- γραμμές μεταφοράς ηλεκτρισμού με καλώδιο υψηλής τάσης
- υποσταθμός υψηλής τάσης

Επειδή δεν μπορούν να προβλεφθούν ακριβώς όλα τα έξοδα που πιθανόν να προκύψουν κατά τη διεκπεραίωση του έργου, συνυπολογίζουμε ένα 10% έτσι ώστε να είμαστε καλυμμένοι. Για κατασκευές μεγάλης διάρκειας είναι απαραίτητο να λαμβάνεται υπόψην και η μεταβολή της αξίας του χρήματος, κάτι που δεν θα μας απασχολήσει στην συγκεκριμένη επένδυση αφού το πάρκο θα έχει ολοκληρωθεί σε διάστημα ενός έτους.

(b) Ετήσια κόστη:

Εδώ συμπεριλαμβάνονται έργα συντήρησης του έργου και των γραμμών μεταφοράς, πιθανή ενοικίαση γής, ο φόρος ιδιοκτησίας, τα ασφάλιστρα, η μισθοδοσία και τα έξοδα όλων τα απαραίτητων ταξιδίων. Μια επιπλέον <u>2,5% αύξηση</u> του υπολογισμένου ποσού μέχρις στιγμής καλύπτει και τα ετήσια κόστη.

(c) Περιοδικά κόστη:

Αφορά συγκεκριμένες εργασίες που πρέπει να γίνουν μετά απο κάποια χρόνια λειτουργίας του πάρκου όπως η αλλαγή του συστήματος μετάδοσης της ανεμογεννήτριας κάθε 10 έτη ή του αντιστροφέα σε ένα φωτοβολταικό πάρκο μετά τα 15 πρώτα έτη. Συγκεκριμένα το κόστος αυτών των αλλαγών ανέρχεται στο 20% του συνολικού κόστους κάθε μονάδας.

Ανάλυση κόστους RETScreen - Εργο ηλεκτροπαραγωγής

Ρυθμίσεις			
⦿ Μέθοδος 1	○ Σημειώσεις/Εύρος	Δεύτερο νόμισμα	Σύμβολο Ευρώ
○ Μέθοδος 2	⦿ Δεύτερο νόμισμα		
	○ Κατανομή κόστους	Ποσοστό: EUR/€	53.00000

Αρχικό κόστος (πιστώσεις)	Μονάδα	Ποσότητα	Μονάδα κόστους		Ποσό	Σχετικό κόστος	%		Ποσό
Μελέτη σκοπιμότητας									
Μελέτη σκοπιμότητας	κόστος	1	EUR 200,000	EUR	200,000			€	-
Υπο-σύνολο:				**EUR**	**200,000**	0.6%	0%	€	-
Ανάπτυξη									
Ανάπτυξη	κόστος	1	EUR 700,000	EUR	700,000			€	-
Υπο-σύνολο:				**EUR**	**700,000**	2.1%	0%	€	-
Μηχανολογικά									
Μηχανολογικά	κόστος	1	EUR 1,300,000	EUR	1,300,000			€	-
Υπο-σύνολο:				**EUR**	**1,300,000**	4.0%	0%	€	-
Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας									
Ανεμογεννήτρια	kW	20,000.00	EUR 1,000	EUR	20,000,000		100%	€	377,358
Εργα οδοποιίας	km	7	EUR 4,285	EUR	29,995			€	-
Γραμμή μεταφοράς ηλεκτρισμού	km	7	EUR 90,000	EUR	630,000			€	-
Υποσταθμός	έργο	1	EUR 3,500,000	EUR	3,500,000			€	-
Μέτρα ενεργειακής απόδοσης	έργο			EUR	-			€	-
Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος			EUR	-			€	-
				EUR	-			€	-
Υπο-σύνολο:				**EUR**	**24,159,995**	74.2%	83%	€	377,358
Ισοζύγιο συστήματος & διάφορα									
Ανταλλακτικά	%	2.0%	EUR 20,000,000	EUR	400,000		100%	€	7,547
Μεταφορά	έργο	1	EUR 1,500,000	EUR	1,500,000		50%	€	14,151
Εκπαίδευση & θέση σε λειτουργία	ανά ημέρα			EUR	-			€	-
Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος	1		EUR	-		3%	€	-
Απρόβλεπτα	%	10.0%	EUR 28,259,995	EUR	2,826,000		50%	€	26,660
Τόκος κατά την κατασκευή	9.50%	12 μήνας(ες)	EUR 31,085,995	EUR	1,476,585			€	-
Υπο-σύνολο:				**EUR**	**6,202,584**	19.0%	41%	€	48,358
Συνολικά αρχικά κόστη				**EUR**	**32,562,579**	100.0%	69%	€	425,717

Ετήσια κόστη (πιστώσεις)	Μονάδα	Ποσότητα	Μονάδα κόστους		Ποσό	%		Ποσό
Λειτουργία & Συντήρηση								
Τμήματα & Εργασία	έργο			EUR	-		€	-
Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος	0	EUR 20,000,000	EUR	500,000		€	-
Απρόβλεπτα	%		EUR 500,000	EUR	-		€	-
Υπο-σύνολο:				**EUR**	**500,000**	0%	€	-

Περιοδικά κόστη (πιστώσεις)	Μονάδα	Ετος	Μονάδα κόστους		Ποσό	%		Ποσό
Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος	10	EUR 4,000,000	EUR	4,000,000		€	-
				EUR	-		€	-
Τέλος διάρκειας ζωής έργου	κόστος			EUR	-			

Εικόνα 7-12

7.2.4 Ανάλυση Εκπομπών

Σε αυτό το φύλλο ο χρήστης μπορεί να υπολογίσει τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που θα είχαμε επιπλέον στην ατμόσφαιρα αν δεν πραγματοποιήσουμε το συγκεκριμένο έργο.

Το συγκεκριμένο φύλλο είναι προαιρετικό καθώς ενεργοποιείται μόνο εαν εμείς το επιλέξουμε, διαφορετικά παραμένει ανενεργό. Τα αέρια όπου λογίζονται ως βλαβερά για το περιβάλλον από το πρόγραμμα, είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO2), το μεθάνιο (CH4) και το υποξείδιο του αζώτου (N2O) και κάθε τύπος καυσίμου έχει το δικό του συντελεστή εκπομπής αερίων θερμοκηπίου .

Το σύστημα υπολογίζει δύο συντελεστές εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου, έναν για το συμβατικό σύστημα που ήδη υπάρχει και έναν για το εναλλακτικό σύστημα που μελετά ο χρήστης. Η διαφορά των συντελεστών αερίων του θερμοκηπίου που υπολογίστηκαν για το συμβατικό και το εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης, επί την ετήσια παραδοθείσα ενέργεια θέρμανσης, δίνει το συνολικό μειούμενο όγκο εκπομπής αερίων θερμοκηπίου, σε ισοδύναμους τόνους αερίου CO2, που προκύπτει από την εφαρμογή.

Ο καθορισμός της παραγωγής αερίων θερμοκηπίου από κάθε καύσιμο, πραγματοποιείται λαμβάνοντας υπόψη τη συμμετοχή του κάθε τύπου καυσίμου στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (όσο μεγαλύτερη συμμετοχή έχει ένα καύσιμο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τόσο μεγαλύτερη συμμετοχή έχει και στην εκπομπή αερίων θερμοκηπίου).

Η περιβαλλοντική αξιολόγηση των επενδύσεων αποτελεί αντικείμενο περαιτέρω μελέτης. Στην ανάλυση εκπομπών ορίζονται στοιχεία που χαρακτηρίζουν τη βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού. Συγκεκριμένα για την Κρήτη στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα ποσοστά συνεισφοράς διαφόρων τεχνολογιών, που εφαρμόζονται κατά τόπους, στην ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του τόπου (μίγμα καυσίμου). Τα δεδομένα αντικατοπτρίζουν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για το έτος 2006, γι

αυτό το λόγο παραλείπεται η παρουσία των φωτοβολταϊκών και η αιολική ενέργεια καλύπτει ένα μικρότερο ποσοστό της συνολικής παραγόμενης ενέργειας. Το μεγαλύτερο ποσοστό κάλυψης παρέχεται από κινητήρες diesel, ακολουθούμενο από ατμοστρόβιλους και έπειτα αεριοστρόβιλους. Οι απώλειες μεταφοράς και δικτύου υπολογίζονται σε 8% για την Κρήτη, λόγω και της μικρότερης έκτασης που πρέπει να καλυφθεί, συγκριτικά με την ηπειρωτική Ελλάδα. Οι συντελεστές εκπομπών υπολογίζονται από το RETScreen βάσει αυτών των στοιχείων και με σκοπό να χρησιμοποιηθούν αργότερα στη μελέτη.

Technology	Fuel	Annual electricity production in 2012
Steam turbines	Mazout	36.6%
Diesel generators	Mazout	23.6%
Gas turbines	Diesel	3.6%
Combined cycle (CC)	Diesel	15.7%
Wind turbines	-	15.8%
PVs	-	4.7%

Πίνακας 7-1

Ακολούθως το RETScreen συνοψίζει τις μειώσεις εκπομπών ΑΤΘ για το έργο συμπαραγωγής και τέλος υπολογίζει την καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ συγκρίνοντας τις εκπομπές της βασικής και της προτεινόμενης περίπτωσης.Αναλυτικά το φύλλο φαίνεται παρακάτω:

Περίληψη εκπομπών ΑΤΘ βασικού σεναρίου (σεναρίου αναφοράς)

Τύπος Καυσίμου	Μίγμα καυσίμου %	Συντελεστής εκπομπής CO2 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής CH4 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής N2O kg/GJ	Κατανάλωση καυσίμου MWh	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ tn CO2/MWh	Εκπομπές ΑΤΘ tn CO2
Ελαφρύ πετρέλαιο (#2 πετρέλαιο)	39,0%	73,3	0,0020	0,0020	293	0,266	78,1
Ηλεκτρική ενέργεια	61,0%	203,4	0,0073	0,0053	459	0,738	339,1
Σύνολο	100,0%	152,7	0,0052	0,0040	752	0,554	417,1

Περίληψη εκπομπών ΑΤΘ προτεινόμενης περίπτωσης (Εργο συμπαραγωγής θερμότητας & ηλεκτρισμού)

Τύπος Καυσίμου	Μίγμα καυσίμου %	Συντελεστής εκπομπής CO2 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής CH4 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής N2O kg/GJ	Κατανάλωση καυσίμου MWh	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ tn CO2/MWh	Εκπομπές ΑΤΘ tn CO2
Ελαφρύ πετρέλαιο (#2 πετρέλαιο)	69,5%	73,3	0,0020	0,0020	360	0,266	95,9
Ηλεκτρική ενέργεια	30,5%	203,4	0,0073	0,0053	158	0,738	117,0
Σύνολο	100,0%	113,1	0,0036	0,0030	519	0,411	212,9
				Απώλειες M&Δ			
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	2		8,0%	0	0,738	0,1
						Σύνολο	213,0

Σύνοψη μείωσης εκπομπών ΑΤΘ

	Εκπομπές ΑΤΘ βασικής περίπτωσης tn CO2	Εκπομπές ΑΤΘ προτεινόμενης περίπτωσης tn CO2	Μικτή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ tn CO2	Τέλη συνναλαγών πιστώσεων εκπομπών ΑΤΘ %	Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ tn CO2
Εργο συμπαραγωγής θερμότητας & ηλεκτρισμού	417,1	213,0	204,1	0%	204,1

Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	204	tn CO2	ισοδυναμεί με	37,4	Αυτοκίνητα και ελαφριά φορτηγά δεν χρησιμοποιούνται

Εικόνα 7-13

7.2.5 Οικονομική Ανάλυση

Σε αυτό το φύλλο καθορίζονται βασικές τιμές οικονομικών παραμέτρων και συνοψίζονται άλλες όπως τα ετήσια έσοδα, τα κόστη και οι αποταμιεύσεις του έργου, η ετήσια χρηματοροή, η οικονομική βιωσιμότητα και το διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών.

Όσον αφορά τις οικονομικές παραμέτρους που συμπληρώνονται, είναι χωρισμένες σε τρεις υποενότητες.

Αρχικά περιλαμβάνονται κάποιοι γενικοί οικονομικοί όροι όπως ο κυλιόμενος φόρος κόστους καυσίμου, η τιμή του πληθωρισμού, το επιτόκιο αναγωγής και η διάρκεια ζωής του έργου.

Έπειτα ακολουθούν παράμετροι που σχετίζονται με την χρηματοδότηση του έργου όπως πιθανά κίνητρα και επιχορηγήσεις, τοκοχρεολύσιο, το επιτόκιο δανεισμού και η περίοδος χρέους.

Τέλος συμπηρώνονται πεδία που σχετίζονται με την ανάλυση φόρου εισοδήματος. Συγκεκριμένα περιλαμβάνονται ο συντελεστής φόρου εισοδηματικής επίπτωσης οι ζημιές σε μεταφορά, το μέγεθος απόσβεσης, η φορεολογική βάση απόσβεσης, η περίοδος απόσβεσης και το εάν υφίσταται φορολογική ατέλεια.

Οι οικονομικές παράμετροι του έργου, αναγράφονται στην εικόνα 7-14:

Οικονομικοί Παράμετροι		
Γενικά		
Κυλιόμενος φόρος κόστους καυσίμου	%	5,0%
Τιμή πληθωρισμού	%	3,0%
Επιτόκιο αναγωγής	%	8,0%
Διάρκεια ζωής έργου	έτος	25
Χρηματοδότηση		
Κίνητρα και επιχορηγήσεις	EUR	0
Τοκοχρεολύσιο	%	70,0%
Χρέος	EUR	26.084.631
Μετοχή	EUR	11.179.128
Επιτόκιο δανεισμού	%	8,00%
Περίοδος χρέους	έτος	15
Πληρωμές χρέους	EUR/ετος	3.047.456
Ανάλυση φόρου εισοδήματος		☑
Συντελεστής φόρου εισοδηματικής επίπτωσης	%	35,0%
Ζημιές εις μεταφορά;		Ναι
Μέθοδος απόσβεσης		Ευθεία γραμμή
Φορολογική βάση απόσβεσης	%	90,0%
Περίοδος απόσβεσης	έτος	15
Υφίσταται φορολογική ατέλεια;	ναί/όχι	Οχι

Εικόνα 7-14

Ετήσια έσοδα:

Ετήσια έσοδα		
Εσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας		
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	2
Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού	€/MWh	250,00
Εσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	€	522
Κυλιόμενος φόρος πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας	%	
Εσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ		☐
Καθαρή μείωση εκπομπών ΑΤΘ	tn CO2/έτος	135
Καθαρή μείωση εκπομπών ΑΤΘ - 20 έτη	tn CO2	2.700

Εικόνα 7-15

Κόστη και αποταμιεύσεις του έργου:

Σύνοψη κόστους έργου και αποταμιεύσεων/εσόδων			
Αρχικά κόστη			
Μελέτη σκοπιμότητας	5,8%	€	4.000
Ανάπτυξη	5,8%	€	4.000
Μηχανολογικά	10,2%	€	7.000
Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	21,9%	€	15.000
Σύστημα θέρμανσης	43,9%	€	30.017
Ισοζύγιο συστήματος & διάφορα	12,3%	€	8.422
Συνολικά αρχικά κόστη	**100,0%**	**€**	**68.438**
Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους			
Λειτουργία & Συντήρηση		€	3.960
Κόστος καυσίμου - προτεινόμενη περίπτωση		€	85.745
Συνολικά ετήσια κόστη		**€**	**89.705**
Περιοδικά κόστη (πιστώσεις)			
Οριζόμενο από τον χρήστη - 11 έτη		€	35.000
Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα			
Κόστος καυσίμου - βασική περίπτωση		€	130.669
Εσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας		€	522
Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και εισόδημα		**€**	**131.191**

Εικόνα 7-16

Ετήσια Χρηματοροή:

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-68.438	-68.438	-68.438
1	42.265	42.265	-26.173
2	43.059	43.059	16.886
3	43.868	43.868	60.754
4	44.692	44.692	105.446
5	45.531	45.531	150.976
6	46.385	46.385	197.361
7	47.255	47.255	244.616
8	48.141	48.141	292.757
9	49.043	49.043	341.800
10	49.962	49.962	391.761
11	2.449	2.449	394.210
12	51.850	51.850	446.060
13	52.820	52.820	498.880
14	53.808	53.808	552.688
15	54.814	54.814	607.502
16	55.838	55.838	663.340
17	56.881	56.881	720.221
18	57.942	57.942	778.163
19	59.023	59.023	837.186
20	60.124	60.124	897.310

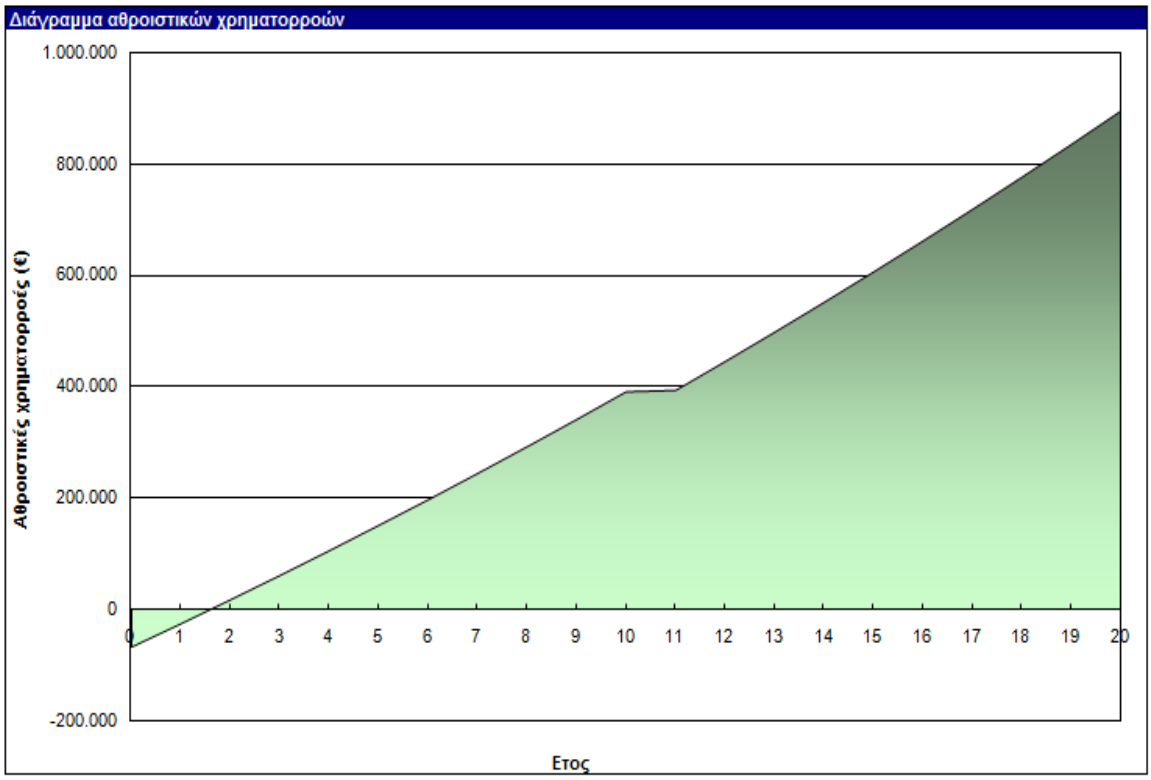
Εικόνα 7-17

Οικονομική βιωσιμότητα:

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	63,4%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	63,4%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	63,4%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	63,4%
Απλή αποπληρωμή	έτος	1,6
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	1,6
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	322.662
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	37.900
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		5,71
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	(281)

Εικόνα 7-18

Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών:



Εικόνα 7-19

Ανάλυση των ανωτέρω οικονομικών παραμέτρων έχει γίνει στο Κεφάλαιο 6.

Κεφάλαιο 8ο

Σχεδιασμός Αιολικού πάρκου 20 MW στη Μαλάξα Χανίων – Εφαρμογή διαφορετικών οικονομικών σεναρίων

8.1 Εκκίνηση

Σε αυτό το κεφάλαιο θα εφαρμόσουμε το μοντέλο για ένα αιολικό πάρκο συνολικής ισχύος 20MW σε μη διασυνδεδεμένο δίκτυο αφού θα τοποθετηθεί στην Μαλάξα Χανίων. Αφορά δηλαδή μια εφαρμογή στην περιοχή της Κρήτης που θα πρέπει να λειτουργεί ανεξάρτητα απο το διασυνδεδεμένο δίκτυο της Ελλάδας (όπως συμβαίνει και σε εφαρμογές των περισσότερων νησιών του Αιγαίου εκτός της Εύβοιας).

Στο πρώτο φύλο του προγράμματος συμπληρώσαμε τις πρώτες και βασικές πληροφορίες του έργου μας οι οποίες αφορούν:

- Πληροφορίες σχετικά με το έργο:
    - ονομασία και η τοποθεσία του έργου: **20000 KW / Malaxa**
    - ο τύπος του έργου: **Παραγωγή ηλεκτρισμού**
    - η τεχνολογία: **Ανεμογεννήτρια**
    - ο τύπος του δικτύου: **Κεντρικό δίκτυο**
    - ο τύπος ανάλυσης: **Μεθοδος 2**
    - θερμογόνος ικανότητα αναφορας: **Κατώτερη θερμογόνος Ικανότητα (ΚΘΙ)**
    - και άλλες πληροφορίες όπως το νόμισμα, η γλώσσα και οι μονάδες μέτρησης.
- Πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας:

  Θέση κλιματολογικών δεδομένων: **Souda Bay Crete**

Ακολουθεί το φύλο όπως αυτό εμφανίζεται στο πρόγραμμα:

καθώς και οι Συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας για τα Χανιά:

Συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας

Επιλέξτε τοποθεσία κλιματικών δεδομένων

Θέση κλιματολογικών δεδομένων: Souda Bay Crete

Δείξε δεδομένα ☑

	Μονάδα	Θέση κλιματολογικών δεδομένων	Τοποθεσία έργου
Γεωγραφικό πλάτος	°B	35.5	35.5
Γεωγραφικό μήκος	°A	24.2	24.2
Υψόμετρο	m	146	146
Θερμοκρασία θέρμανσης βάσει σχεδιασμού	°C	5.8	
Θερμοκρασία ψύξης βάσει σχεδιασμού	°C	33.1	
Πλάτος (διακύμανση) θερμοκρασίας εδάφους	°C	9.3	

Μήνας	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία - Οριζόντια	Ατμοσφαιρική πίεση	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία εδάφους	Βαθμό-ημέρες θέρμανσης	Βαθμο-ημέρες ψύξης
	°C	%	kWh/m²/ημ	kPa	m/Δευτερόλεπτ	°C	°C-ημ	°C-ημ
Ιανουάριος	11.0	77.3%	2.31	101.2	3.2	15.1	217	31
Φεβρουάριος	10.8	76.4%	3.20	101.1	3.3	14.9	202	22
Μάρτιος	12.6	74.4%	4.57	101.0	3.6	15.9	167	81
Απρίλιος	15.7	70.5%	6.30	100.8	3.7	17.9	69	171
Μαΐος	20.1	64.4%	7.45	100.8	3.3	21.2	0	313
Ιούνιος	24.6	57.2%	8.45	100.7	3.2	24.7	0	438
Ιούλιος	26.6	57.9%	8.41	100.5	2.9	26.8	0	515
Αύγουστος	26.1	59.8%	7.58	100.5	3.0	27.3	0	499
Σεπτέμβριος	23.3	65.9%	6.14	100.8	2.9	25.8	0	399
Οκτώβριος	19.9	71.8%	4.28	101.1	2.8	22.8	0	307
Νοέμβριος	15.6	75.8%	2.65	101.1	2.8	19.3	72	168
Δεκέμβριος	12.1	78.7%	2.05	101.2	3.2	16.4	183	65
Ετήσιο	18.2	69.1%	5.29	100.9	3.2	20.7	910	3,009
Μετρημένο σε (m)					10.0	0.0		

Συμπληρώστε το φύλλο Ενεργειακό Μοντέλο

RETScreen4 2013-08-27 © Minister of Natural Resources Canada 1997-2013. NRCan/CanmetENERGY

Εικόνα 8-1

8.2 Ενεργειακό μοντέλο

Σε αυτό το σημείο συμπληρώσαμε βασικά στοιχεία που αφορούν την περιοχή εγκατάστασης του έργου, που είναι η Μαλάξα Χανίων. Συγκεκριμένα:

Η ετήσια θερμοκρασία αέρα στην περιοχή της Μαλάξας είναι 16.5 °C, η ετήσια ταχύτητα του ανέμου είναι 6,2 m/sec και η ατμοσφαιρική πίεση στο υψόμετρο των 500 m υπολογίζεται απο τον τύπο

$$Pr = 101.29 - 0.011837 \cdot z + 4.793 \cdot 10^{-7} \cdot z^2 .$$

[1]

Οπότε Pr = 95,49 KPa

Δεδομένα	Μονάδες	Τιμές
Ταχύτητα ανέμου - ετήσια	m/Δευτερόλεπτο	6,2
Θερμοκρασία αέρα - ετήσια	°C	16,5
Ατμοσφαιρική πίεση - ετήσια	kPa	95,5

Πίνακας 8-1

Αξιολόγηση πηγών
Μέθοδος (εκτίμησης) φυσικών πόρων

		Ταχύτητα ανέμου	☑ Δείξε δεδομένα
			Souda Bay Crete
Ταχύτητα ανέμου - ετήσια	m/Δευτερόλεπτο	6,2	3,2
Μετρημένο σε	m	30,0	10,0
Εκθέτης παραμόρφωσης ανέμου		0,15	
Θερμοκρασία αέρα - ετήσια	°C	16,5	18,2
Ατμοσφαιρική πίεση - ετήσια	kPa	100,9	100,9

Εικόνα 8-2

8.2.1 Σύγκριση δύο διαφορετικών τύπων ανεμογεννητριών

Στόχος μας είναι η δημιουργία ενός αιολικού πάρκου συνολικής ισχύος 20 MW, οπότε σε αυτό το φύλο του προγράμματος θα καθορίσουμε ποιές ανεμογεννήτριες θα χρησιμοποιήσουμε ακριβώς και αυτό θα το συμπεράνουμε συγκρίνοντας δύο διαφορετικούς τύπους, την Τύπου A-70-64m και την Τύπου B V90

Η πρώτη πιθανή επιλογή είναι η Τύπου A-70-64m και η δεύτερη η Τύπου B V90.

- Τύπου A-70-64m (10 ανεμογενήτριες)

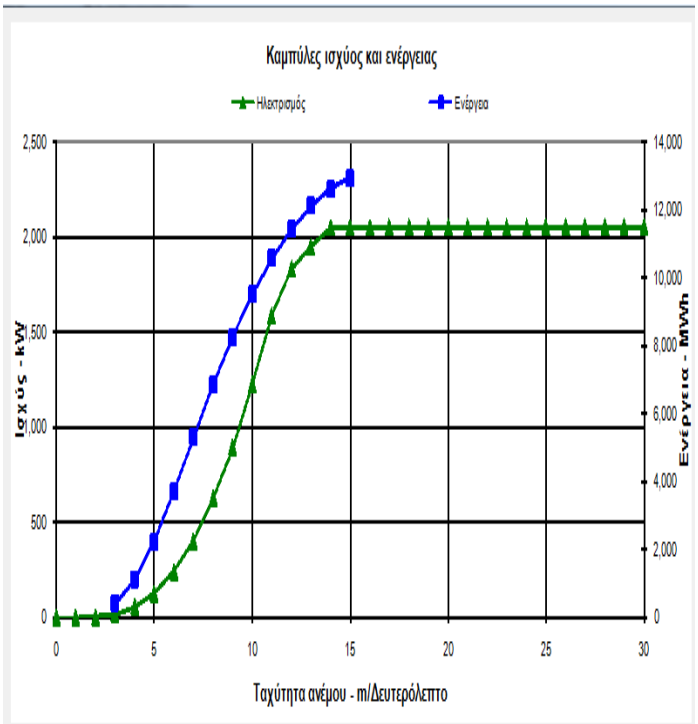
  Ύψος πυλώνα: 64 m

  Διάμετρος ρότορα ανά στρόβιλο: 71 m

  Επιφάνεια σάρωσης ανά στρώβιλο: 3959.2 m2

Ταχύτητα ανέμου m/Δευτερόλεπτο	Δεδομένα καμπύλης ισχύος kW	Καμπύλες ενεργειακών MWh
0	0.0	
1	0.0	
2	2.0	
3	18.0	414.9
4	56.0	1,116.3
5	127.0	2,248.7
6	240.0	3,707.8
7	400.0	5,297.4
8	626.0	6,849.0
9	892.0	8,265.9
10	1,223.0	9,507.9
11	1,590.0	10,563.2
12	1,830.0	11,429.9
13	1,950.0	12,109.1
14	2,050.0	12,605.3
15	2,050.0	12,928.6
16	2,050.0	
17	2,050.0	
18	2,050.0	
19	2,050.0	
20	2,050.0	
21	2,050.0	
22	2,050.0	
23	2,050.0	
24	2,050.0	
25 - 30	2,050.0	

Εικόνα 8-3: Δεδομένα για ανεμογεννήτρια τύπου A



Εικόνα 8-4: Διάγραμμα Καμπύλης ισχύος ανεμογεννήτριας τύπου A

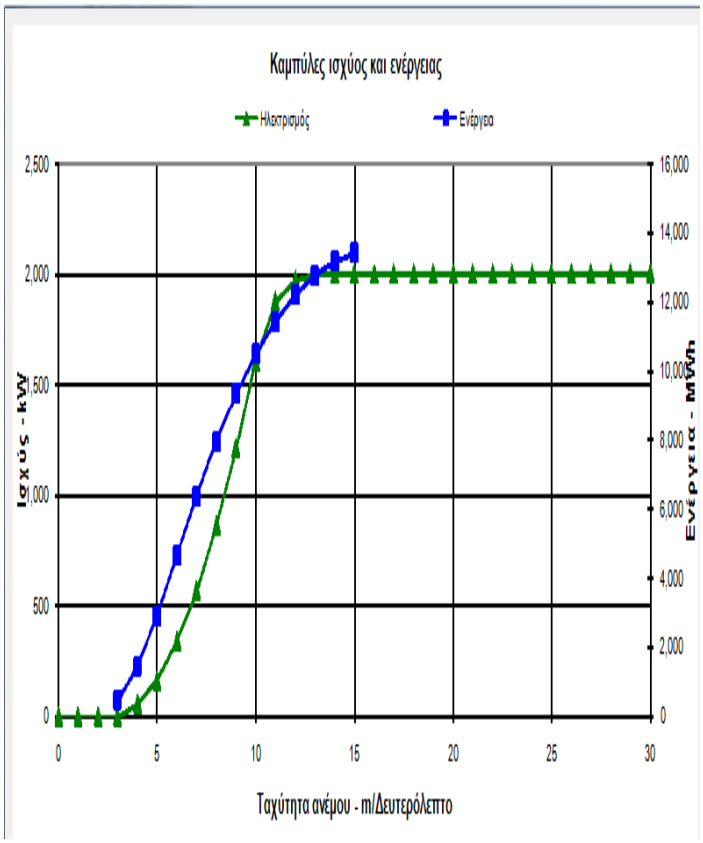
- <u>Τύπου Β</u> (10 ανεμογενήτριες)

  Ύψος πυλώνα: 95 m

  Διάμετροσ ρότορα ανά στρόβιλο: 90 m

  Επιφάνεια σάρωσης ανά στρώβιλο: 6361.7 m2

Ταχύτητα ανέμου m/Δευτερόλεπτο	Δεδομένα καμπύλης ισχύος kW	Καμπύλες ενεργειακών MWh
0	0.0	
1	0.0	
2	0.0	
3	0.0	517.1
4	56.0	1,525.8
5	165.0	3,012.6
6	339.0	4,719.1
7	570.0	6,401.9
8	863.0	7,925.7
9	1,215.0	9,243.3
10	1,606.0	10,350.9
11	1,878.0	11,258.1
12	1,974.0	11,974.6
13	1,995.0	12,509.5
14	2,000.0	12,873.9
15	2,000.0	13,082.3
16	2,000.0	
17	2,000.0	
18	2,000.0	
19	2,000.0	
20	2,000.0	
21	2,000.0	
22	2,000.0	
23	2,000.0	
24	2,000.0	
25 - 30	2,000.0	



Εικόνα 8-5: Δεδομένα για ανεμογεννήτρια τύπου Β

Εικόνα 8-6: Διάγραμμα Καμπύλης ισχύος ανεμογεννήτριας τύπου Β

Με βάση την καμ̣ύλη ισχύος και την ενέργεια η οποία παραδίδεται στο δίκτυο θα μπορέσουμε να συμπεράνουμε ποιά θα είναι η τελική επιλογή ανεμογεννήτριας.

Ακολουθούν οι **<u>απώλειες</u>** που θεωρήσαμε για τη συγκεκριμένη εφαρμογή, οι οποίες έχουν εξηγηθεί σε προηγούμενο κεγφάλαιο:

Απώλειες διάταξης	5,00%
Απώλειες πτερυγίου	2,00%
Λοιπές απώλειες	3,00%
Διαθεσιμότητα	95,00%

Πίνακας 8-2

Στο τελευταίο κομμάτι του φύλου του ενεργειακού μοντέλου (**Περίληψη**) εμφανίζονται ο **συντελεστής χρησιμοποίησης** και η συνολική παραγώμενη **ηλεκτρική ενέργεια του δικτύου:**

Συντελεστής χρησιμοποίησης	30,70%
Ηλεκτρική ενέργεια του δικτύου	53.744 MWh

Πίνακας 8-3

Σύμφωνα με τον τελευταίο νόμο που αναφέρεται στις Α.Π.Ε. (νόμος 3851, 4/06/2010), η τιμή πώλησης σε διασυνδεδεμένο σύστημα είναι 87,85€/MWh ενώ σε μη διασυνδεδεμένο σύστημα 99,45 €/Mwh.

Περίληψη		
Συντελεστής ισχύος	%	32,4%
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	56.784
Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού	EUR/MWh	99,45

Εικόνα 8-7

Οπότε η τιμή που θα χρησιμοποιήσουμε εμείς θα είναι για μη διασυνδεδεμένο σύστημα (Κρήτη) άρα τα **99,45 €/MWh.**

8.3 Ανάλυση Κόστους

Για την πραγματοποίηση ή όχι ενός έργου απαιτείται μια οικονομική ανάλυση της επιθυμητής επένδυσης, βάση συγκεκριμένων πεδίων που εξετάζονται στο τρίτο φύλλο εργασίας του προγράμματος RETScreen 4:

(a) Αρχικό κόστος:

(1) μελέτη σκοπιμότητας

(2) ανάπτυξη του έργου

(3) μηχανολογικά

(4) σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

(5) ισοζύγιο του συστήματος & διάφορα έξοδα

(b) Ετήσια κόστη

(c) Περιοδικά κόστη

Αναλυτικά:

(a) Αρχικό κόστος:

(1) Μελέτη Σκοπιμότητας

Για το συγκεκριμένο έργο το υπολογιζόμενο κόστος της μελέτης σκοπιμότητας, ανέρχεται στο ποσό των 200.000 €.

Εξαιτίας της αναγκαιότητας εγκατάστασης μετεωρολογικών σταθμών στην περιοχή πραγματοποίησης του έργου, ετσι ώστε να έχουμε ακριβείς μετρήσεις και αξιολόγηση των φυσικών πόρων, αυτή η εγκατάσταση αποτελεί και το μεγαλύτερο μέρος των εξόδων που αφορούν τη μελέτη

σκοπιμότητας.

(2) Ανάπτυξη του έργου

Για την παρούσα μελέτη ο προυπολογισμός για την ανάπτυξη του έργου ανέρχεται στο ποσό των 700.000 €.

(3) Μηχανολογικά

Η απαραίτητη επίβλεψη του μηχανικού καθ'όλη τη διάρκεια του έργου μαζί με τον αναγκαίο ηλεκτρολογικό, μηχανολογικό και οικοδομικό σχεδιασμό, την προκήρυξη διαγωνισμών και την υπογραφή συμβάσεων, επιβαρύνουν το κόστος της επένδυσης κατά 1.300.000 €.

(4) Σύστημα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας

Το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας περιλλαμβάνει την αγορά των ανεμογεννητριών και ανταλλακτικών τους, τη μεταφορά τους, καθώς και απρόοπτα έξοδα.

Αυτό το κομμάτι είναι το πιο δαπανηρό λόγω του κόστους των ανεμογεννητριών. Συγκεκριμένα για το αιολικό πάρκο των 20MW θα χρησιμοποιήσουμε 10 ανεμογενήτριες enercon ονομαστικής ισχύος 2MW με κοστολόγιση 1000 €/ KW. Συμπερένουμε λοιπόν οτι το κόστος για τα 20 MW θα ανέλθει στο ποσό των 20.000.000 €. Η εναλλακτική λύση είναι οι ανεμογενήτριες Vestas ισχύος 2MW με κοστολόγιση 1200 €/ KW, έχοντας έτσι συνολικό κόστος 24.000.000 €.

Το ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης θεωρείται ίσο με το 3% του συνολικού ποσού που προορίζεται για τις ανεμογεννήτριες και περιλαμβάνει κινητά μέρη όπως είναι τα πτερύγια.

Η μεταφορά των ανεμογενητριών κοστολογείται ανάλογα με τον προορισμό τους. Συγκεκριμένα για την κρήτη το κόστος αυτό ανέρχεται στο ποσό του 1.500.000 €.

(5) Ισοζύγιο του συστήματος & Διάφορα έξοδα

Με το ισοζύγιο του συστήματος εννοούνται όλες οι εργασίες που αφορούν την εγκατάσταση του έργου, όπως:

- ανέργεση ανεμογενητριών (1.500.000 €)
- έργο οδοποιίας 7 km (30.000 €)
- γραμμές μεταφοράς ηλεκτρισμού με καλώδιο υψηλής τάσης 150 KV (90.000 €/ km = 630.000 €)
- υποσταθμός υψηλής τάσης (3.500.000 €)

Οπότε το συνολικό κόστος ανέρχεται στο ποσό των 5.930.000 €.

Επειδή δεν μπορούν να προβλεφθούν ακριβώς όλα τα έξοδα που πιθανόν να προκύψουν κατά τη διεκπεραίωση του έργου, συνυπολογίζουμε ένα 10% έτσι ώστε να είμαστε καλυμμένοι. Για κατασκευές μεγάλης διάρκειας είναι απαραίτητο να λαμβάνεται υπόψην και η μεταβολή της αξίας του χρήματος, κάτι που δεν θα μας απασχολήσει στην συγκεκριμένη επένδυση αφού το πάρκο θα έχει ολοκληρωθεί σε διάστημα ενός έτους.

(b) Ετήσια κόστη:

Εδώ συμπεριλαμβάνονται έργα συντήρησης του αιολικού πάρκου και των γραμμών μεταφοράς, πιθανή ενοικίαση γής, ο φόρος ιδιοκτησίας, τα ασφάλιστρα, η μισθοδοσία και τα έξοδα όλων τα απαραίτητων ταξιδίων. Μια επιπλέον 2,5% αύξηση του υπολογισμένου ποσού μέχρις στιγμής

καλύπτει και τα ετήσια κόστη.

(c) Περιοδικά κόστη:

Αφορά συγκεκριμένες εργασίες που πρέπει να γίνουν μετά απο κάποια χρόνια λειτουργίας του πάρκου όπως η αλλαγή του συστήματος μετάδοσης της ανεμογεννήτριας κάθε 10 έτη. Συγκεκριμένα αυτή η αλλαγή αφορά το κιβώτιο ταχυτήτων, τους άξονες, τα στρεφόμενα μέρη της γεννήτριας και το μηχανικό φρένο, και το κόστος αυτών των αλλαγών ανέρχεται στο 20% του συνολικού κόστους κάθε ανεμογεννήτριας. Οπότε εάν χρησιμοποιήσουμε τις ανεμογεννήτριες τύπου Α έχουμε κόστος 4.000.000 €, ενώ οι τύπου Β 4.800.000 €.

Το φύλο όπως αυτό εμφανίζεται στο πρόγραμμα είναι:

Ανάλυση κόστους RETScreen - Εργο ηλεκτροπαραγωγής

Ρυθμίσεις			
⦿ Μέθοδος 1	○ Σημειώσεις/Εύρος	Δεύτερο νόμισμα	Σύμβολο Ευρώ
○ Μέθοδος 2	⦿ Δεύτερο νόμισμα		
	○ Κατανομή κόστους	Ποσοστό: EUR/€	53.00000

Αρχικό κόστος (πιστώσεις)	Μονάδα	Ποσότητα	Μονάδα κόστους		Ποσό	Σχετικό κόστος	%		Ποσό
Μελέτη σκοπιμότητας									
Μελέτη σκοπιμότητας	κόστος	1	EUR 200,000	EUR	200,000			€	-
Υπο-σύνολο:				**EUR**	**200,000**	0.6%	0%	€	-
Ανάπτυξη									
Ανάπτυξη	κόστος	1	EUR 700,000	EUR	700,000			€	-
Υπο-σύνολο:				**EUR**	**700,000**	2.1%	0%	€	-
Μηχανολογικά									
Μηχανολογικά	κόστος	1	EUR 1,300,000	EUR	1,300,000			€	-
Υπο-σύνολο:				**EUR**	**1,300,000**	4.0%	0%	€	-
Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας									
Ανεμογεννήτρια	kW	20,000.00	EUR 1,000	EUR	20,000,000		100%	€	377,358
Εργα οδοποιίας	km	7	EUR 4,285	EUR	29,995			€	-
Γραμμή μεταφοράς ηλεκτρισμού	km	7	EUR 90,000	EUR	630,000			€	-
Υποσταθμός	έργο	1	EUR 3,500,000	EUR	3,500,000			€	-
Μέτρα ενεργειακής απόδοσης	έργο			EUR	-			€	-
Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος			EUR	-			€	-
				EUR	-			€	-
Υπο-σύνολο:				**EUR**	**24,159,995**	74.2%	83%	€	377,358
Ισοζύγιο συστήματος & διάφορα									
Ανταλλακτικά	%	2.0%	EUR 20,000,000	EUR	400,000		100%	€	7,547
Μεταφορά	έργο	1	EUR 1,500,000	EUR	1,500,000		50%	€	14,151
Εκπαίδευση & θέση σε λειτουργία	ανά ημέρα			EUR	-			€	-
Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος	1		EUR	-		3%	€	-
Απρόβλεπτα	%	10.0%	EUR 28,259,995	EUR	2,826,000		50%	€	26,660
Τόκος κατά την κατασκευή	9.50%	12 μήνας(ες)	EUR 31,085,995	EUR	1,476,585			€	-
Υπο-σύνολο:				**EUR**	**6,202,584**	19.0%	41%	€	48,358
Συνολικά αρχικά κόστη				**EUR**	**32,562,579**	100.0%	69%	€	425,717

Ετήσια κόστη (πιστώσεις)	Μονάδα	Ποσότητα	Μονάδα κόστους		Ποσό	%		Ποσό
Λειτουργία & Συντήρηση								
Τμήματα & Εργασία	έργο			EUR	-		€	-
Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος	0	EUR 20,000,000	EUR	500,000		€	-
Απρόβλεπτα	%		EUR 500,000	EUR	-		€	-
Υπο-σύνολο:				**EUR**	**500,000**	0%	€	-

Περιοδικά κόστη (πιστώσεις)	Μονάδα	Ετος	Μονάδα κόστους		Ποσό	%		Ποσό
Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος	10	EUR 4,000,000	EUR	4,000,000		€	-
				EUR	-		€	-
Τέλος διάρκειας ζωής έργου	κόστος			EUR	-			

Εικόνα 8-8

8.4 Ανάλυση Εκπομπων

Ανάλυση μείωσης εκπομπών RETScreen - Εργο ηλεκτροπαραγωγής

☑ **Ανάλυση Εκπομπών**

○ Μέθοδος 1
◉ Μέθοδος 2
○ Μέθοδος 3

Δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης των ΑΤΘ

25 τόνοι CO2 = 0 τόνος CH4 (IPCC 2007)
298 τόνοι CO2 = 0 τόνος N2O (IPCC 2007)

Βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού (Σενάριο Αναφοράς)

Τύπος Καυσίμου	Μίγμα καυσίμου %	Συντελεστής εκπομπής CO2 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής CH4 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής N2O kg/GJ	Βαθμός απόδοσης παραγωγής ηλεκτρισμού %	Απώλειες M&Δ %	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ tn CO2/MWh
Πετρέλαιο (#6)	36,6%	77,8	0,0030	0,0020	30,0%	12,0%	1,070
Πετρέλαιο (#6)	23,6%	77,8	0,0030	0,0020	30,0%	12,0%	1,070
Ελαφρύ πετρέλαιο (#2 πετρέλαιο)	3,6%	73,3	0,0020	0,0020	30,0%		0,888
Ελαφρύ πετρέλαιο (#2 πετρέλαιο)	15,7%	73,3	0,0020	0,0020	30,0%		0,888
Αιολικό	15,8%	0,0	0,0000	0,0000	100,0%		0,000
Ηλιακό	4,7%	0,0	0,0000	0,0000	100,0%		0,000
Μίγμα Ηλεκτρισμού	100,0%	224,7	0,0081	0,0058		7,2%	0,816

☐ Αλλαγές στο Σενάριο Αναφοράς κατά τη διάρκεια ζωής του έργου

Περίληψη εκπομπών ΑΤΘ βασικού σεναρίου (σεναρίου αναφοράς)

Τύπος Καυσίμου	Μίγμα καυσίμου %	Συντελεστής εκπομπής CO2 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής CH4 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής N2O kg/GJ	Κατανάλωση καυσίμου MWh	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ tn CO2/MWh	Εκπομπές ΑΤΘ tn CO2
Ηλεκτρική ενέργεια	100,0%	224,7	0,0081	0,0058	56.784	0,816	46.322,5
Σύνολο	100,0%	224,7	0,0081	0,0058	56.784	0,816	46.322,5

Περίληψη εκπομπών ΑΤΘ προτεινόμενης περίπτωσης (Εργο ηλεκτροπαραγωγής)

Τύπος Καυσίμου	Μίγμα καυσίμου %	Συντελεστής εκπομπής CO2 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής CH4 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής N2O kg/GJ	Κατανάλωση καυσίμου MWh	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ tn CO2/MWh	Εκπομπές ΑΤΘ tn CO2
Αιολικό	100,0%	0,0	0,0000	0,0000	56.784	0,000	0,0
Σύνολο	100,0%	0,0	0,0000	0,0000	56.784	0,000	0,0
				Απώλειες M&Δ			
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	56.784		8,0%	4.543	0,816	3.705,8
						Σύνολο	3.705,8

Σύνοψη μείωσης εκπομπών ΑΤΘ

	Εκπομπές ΑΤΘ βασικής περίπτωσης tn CO2	Εκπομπές ΑΤΘ προτεινόμενης περίπτωσης tn CO2	Μικτή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ tn CO2	Τέλη συνναλαγών πιστώσεων εκπομπών ΑΤΘ %	Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ tn CO2
Εργο ηλεκτροπαραγωγής	46.322,5	3.705,8	42.616,7	0%	42.616,7

Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ 42.617 tn CO2 ισοδυναμεί με 7.805 Αυτοκίνητα και ελαφριά φορτηγά δεν χρησιμοποιούνται

Συμπληρώστε το φύλλο Οικονομική Ανάλυση

Εικόνα 8-9

Όπως παρατηρείται και απο την παραπάνω εικόνα, η καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ είναι 42.617 tn.

8.5 Οικονομική Ανάλυση

Αρχικά στην υποενότητα 8.5.1 θα βρούμε το επικρατές σενάριο συγκρίνοντας τις τιμές της *Καθαρής Παρούσας Αξίας* για τις δύο περιπτώσεις ανεμογενητριών και αφού καταλήξουμε οτι οι ανεμογεννήτριες που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι οι τύπου Β. αφού οι τύπου Α θα παρατηρήσουμε οτι οδηγούν σε μία **μη συμφέρουσα επένδυση** αφού η τιμή της *Καθαρής Παρούσας Αξίας* έχει **αρνητικό πρόσιμο (**-1.309.460 €),

θα εφαρμόσουμε διαφορετικές περιπτώσεις οπου θα διαφοροποιούνται το επιτόκιο αναγωγής, το ποσοστό χρηματοδότησης και το ποσοστό της επιδότησης.

Οι διαφορετικοί συνδυασμοί που θα γίνουν είναι οι ακόλουθοι:

8.5.2 Σενάριο χωρίς τραπεζικό δάνειο και χωρίς επιδότηση

8.5.3 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 30% του συνολικού κόστους - χωρίς επιδότηση

8.5.4 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 50% του συνολικού κόστους - χωρίς επιδότηση

8.5.5 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 70% του συνολικού κόστους - χωρίς επιδότηση

8.5.6 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 50% του συνολικού κόστους - επιδότηση (25%)

8.5.1 Εύρεση επικρατούς σεναρίου (επιτόκιο αναγωγής 8% - Δάνειο 50% - Χωρίς Επιδότηση)

Για να βρώ το επικρατών σενάριο θα τρέξω δύο σενάρια με τα παρακάτω χαρακτηριστικά, χρησιμοποιώντας όμως στο ένα ανεμογενήτριες τύπου Α και στο άλλο τύπου Β. Αφού τρέξω τα δύο σενάρια θα συγκρίνω την καθαρή παρούσα αξία για τις δύο περιπτώσεις και θα συμπεράνω ποιά είναι η πιο συμφέρουσα.

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

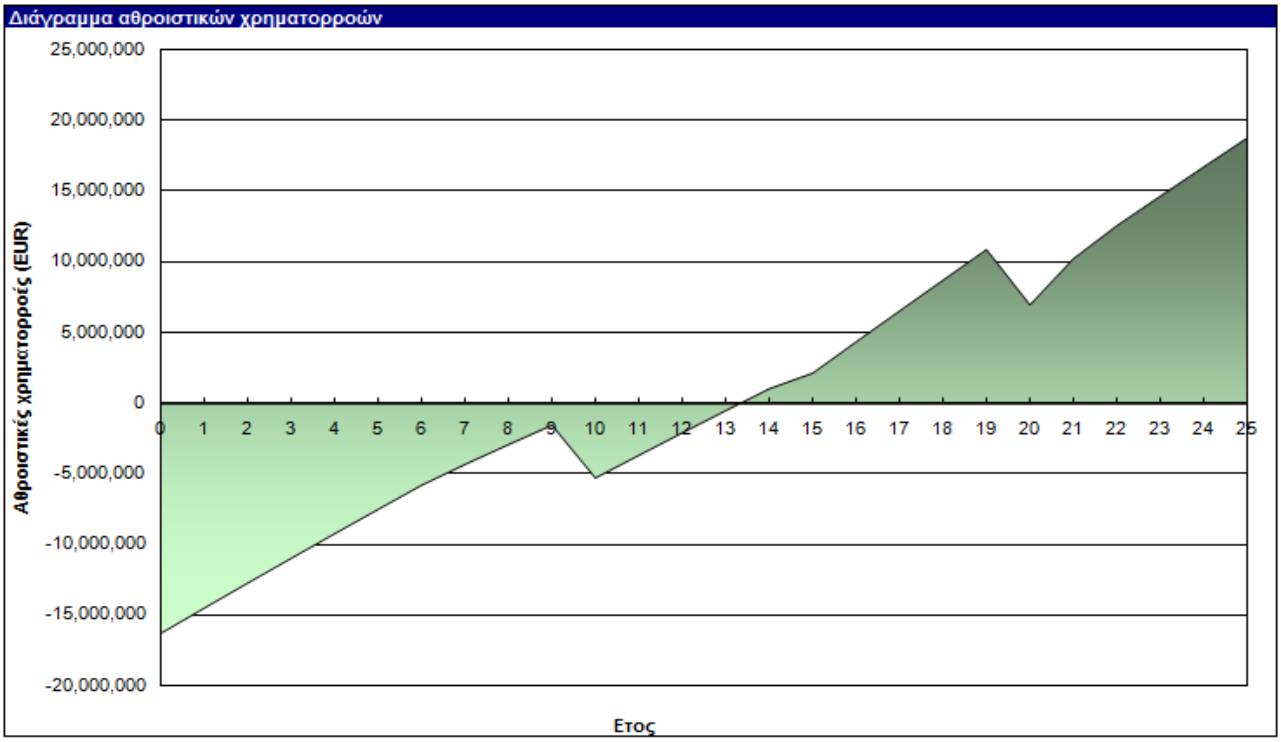
- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 8%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 50%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Για ανεμογενήτριες τύπου Α:

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 8.8%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 7%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 8.8 έτη
- ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -1.309.460 €
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -122.669 €

- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0.92.



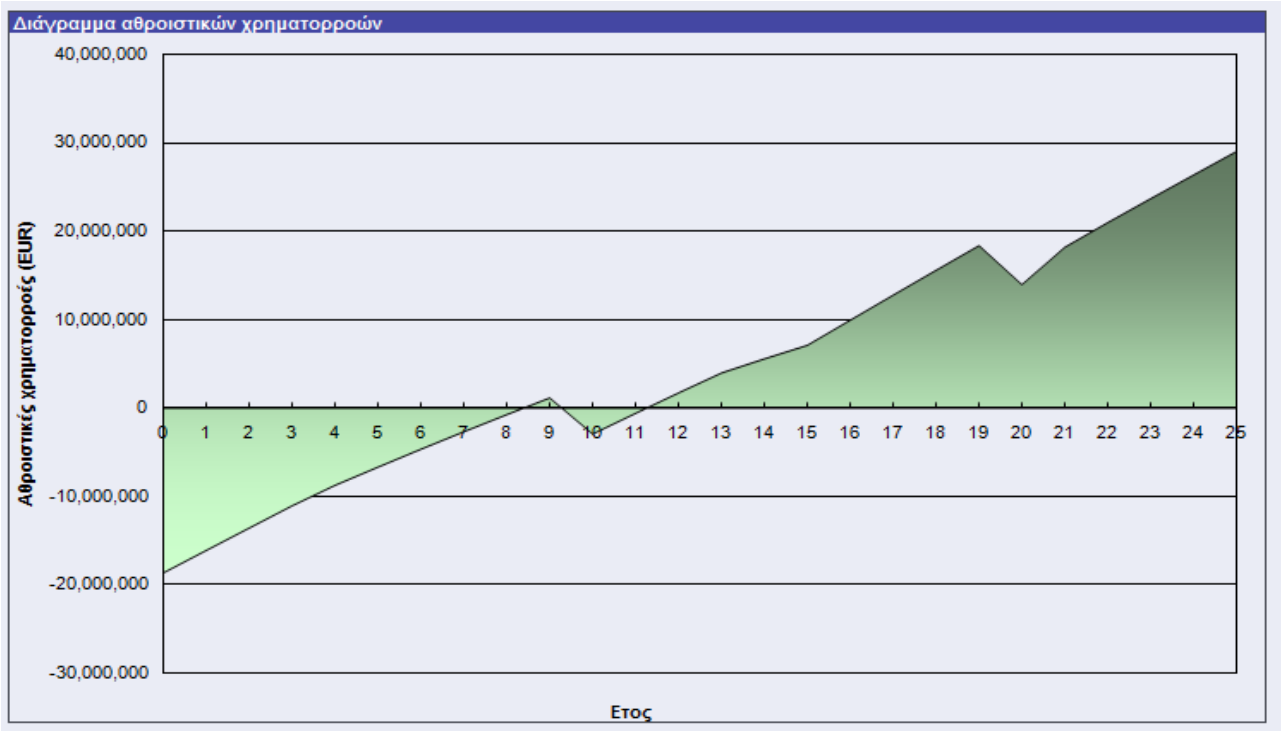
Εικόνα 8-10: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

Η συνολική παραγώμενη ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο είναι: 42.303 Mwh.

<u>Για ανεμογενήτριες Τύπου Β:</u>

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 12.9%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 10.3%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 7.5 έτη
- ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 3,565,023 €
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 333,967 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1.19.



Εικόνα 8-11: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

Η συνολική παραγώμενη ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο είναι: 59.213 MWh

Εκτιμώντας λοιπόν τόσο την *Καθαρή Παρούσα Αξία* όσο και την *συνολική ετήσια παραγώμενη ενέργεια* συμπεραίνουμε οτι πιο αποδοτική θα είναι η χρήση των ανεμογεννητριών Τύπου Β αφού έχουν θετικό δείκτη καθαρής παρούσας αξίας (3,565,023 €) ενώ η χρήση των enercon οδηγεί σε μία μη συμφέρουσα **επένδυση** αφού η τιμή της *Καθαρής Παρούσας Αξίας* έχει αρνητικό πρόσιμο **(**-1.309.460 €).

8.5.2 Σενάριο χωρίς τραπεζικό δάνειο - Χωρίς Επιδότηση

Επιτόκιο αναγωγής στο 6%:

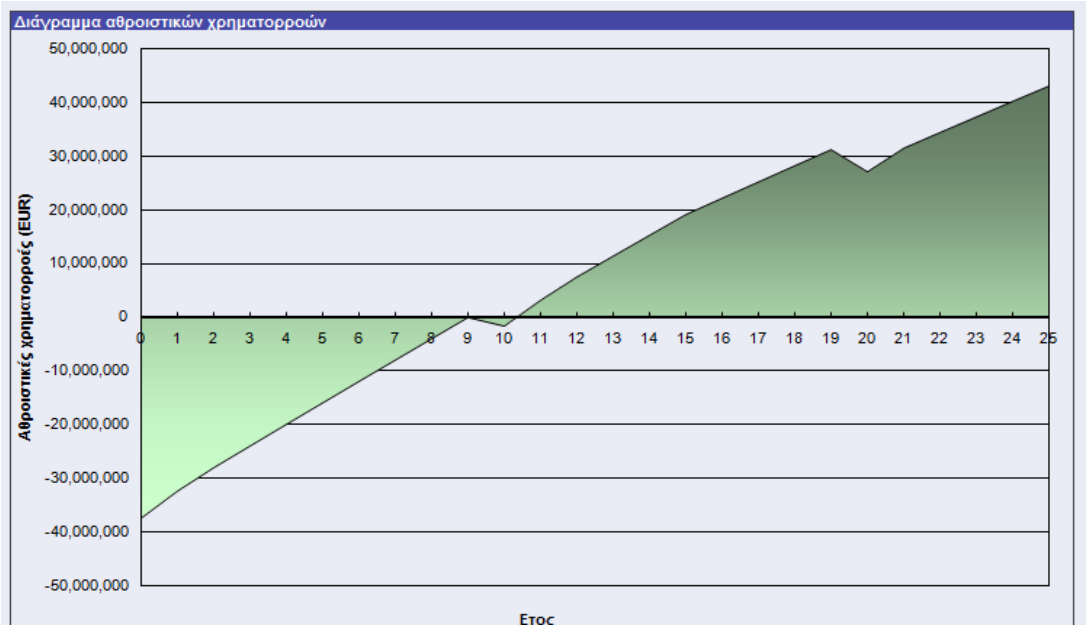
Αν και για τέτοιου μεγέθους επενδύσεις δεν είναι ρεαλιστική η πραγματοποίησή τους χωρίς τη χρήση δανείου, παρουσιάζεται ένα τέτοιο ενδεχόμενο για να ελέγξουμε τη βιωσιμότητα του έργου που μελετάμε.

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 6 %**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **Χωρίς Τραπεζικό δάνειο**

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 11.2%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 8.4%
- ο απλός χρόνος απολληρωμής τα 7.4 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 7.435.151 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 581.627 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1.20.



Εικόνα 8-12: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

Επιτόκιο αναγωγής στο 8%:

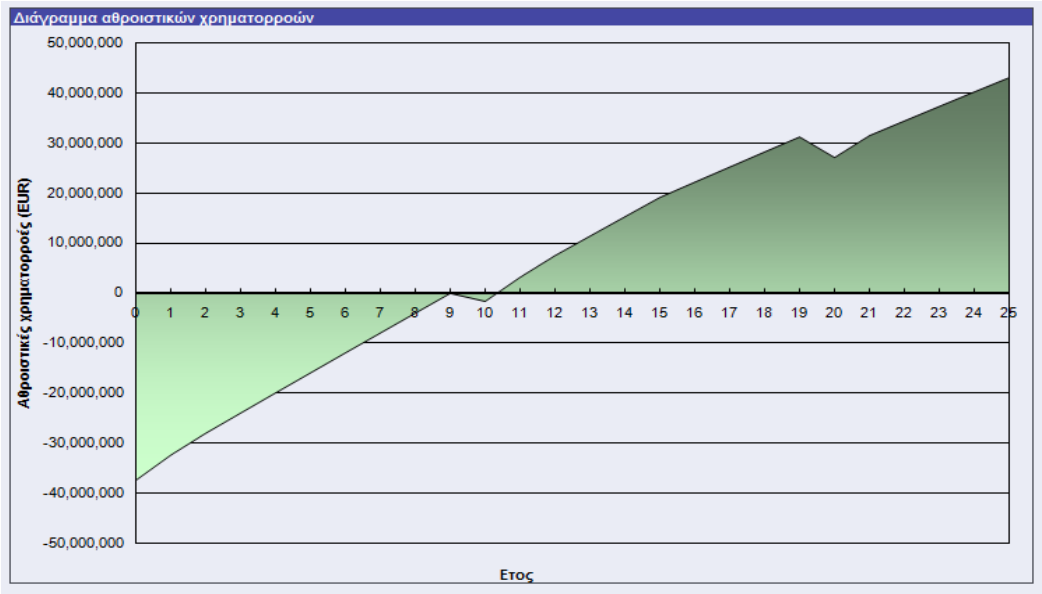
Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 8%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **Χωρίς Τραπεζικό δάνειο**

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 11.2%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 8.4%
- ο απλός χρόνος απολληρωμής τα 7.4 έτη

- το έτος θετικής ταμειακής ροής ορίζεται στα ? χρόνια
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 900.703 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 92.808 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1.03.



Εικόνα 8-13: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

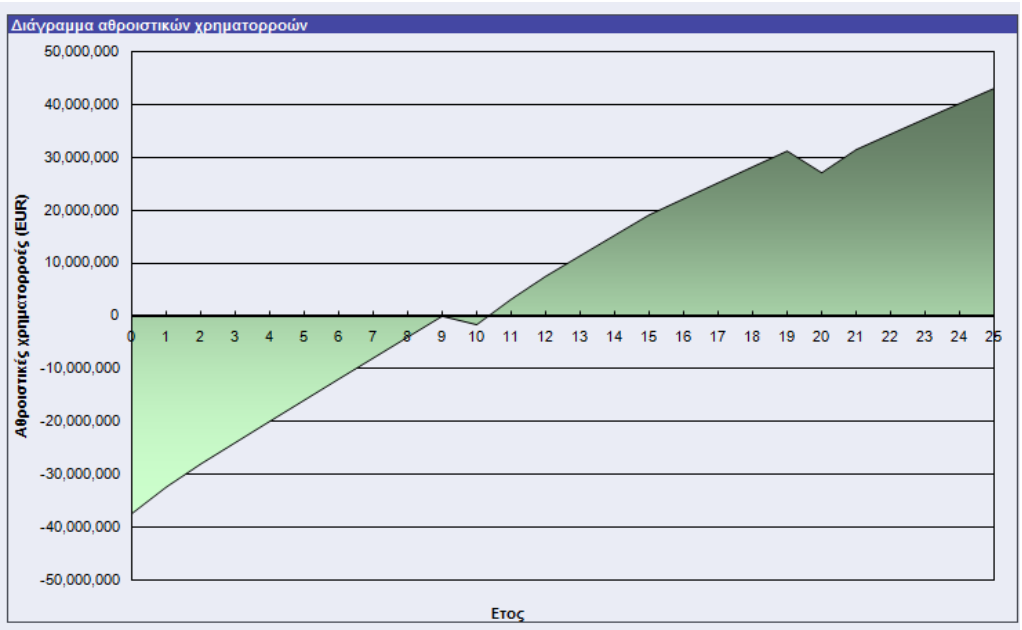
Επιτόκιο αναγωγής στο 10%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 10%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **Χωρίς Τραπεζικό δάνειο**

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 11.2%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 8.4%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 7.4 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -3.999.101 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -440.573 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0.89.



Εικόνα 8-14: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

8.5.3 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 30% του συνολικού κόστους - Χωρίς Επιδότηση

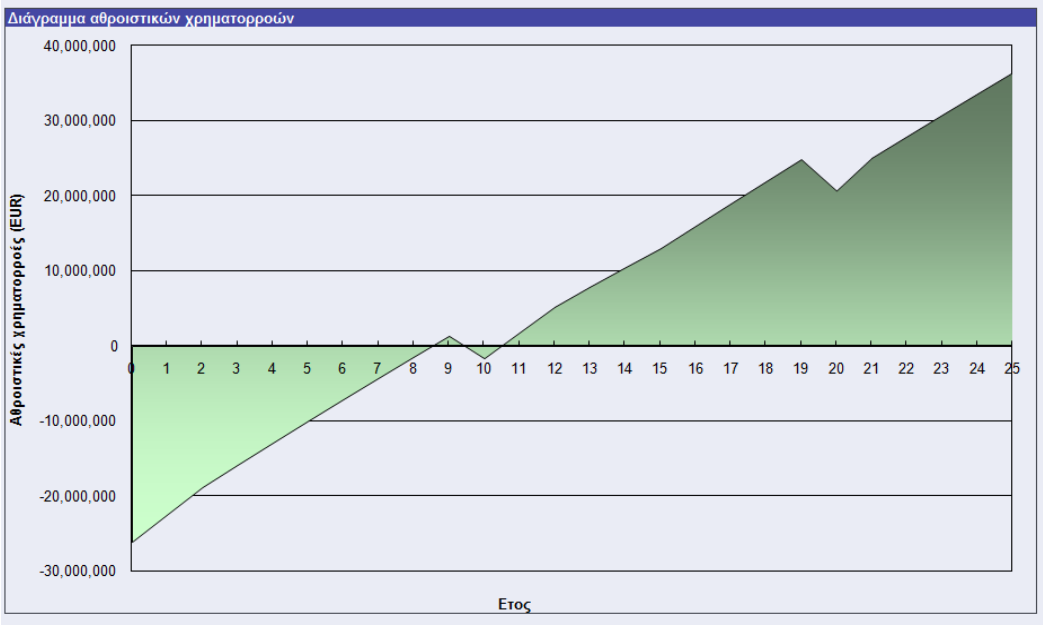
Επιτόκιο αναγωγής στο 6%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 6%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 30%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 11.9%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 9.2%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 7.5 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 7,392,297 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 578,275 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1.28.



Εικόνα 8-15: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

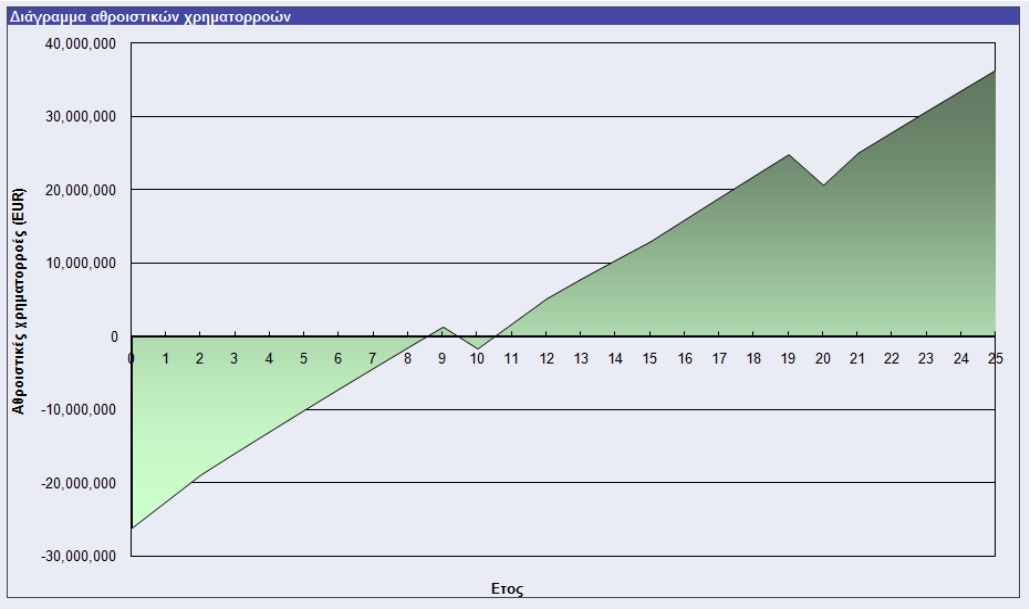
Επιτόκιο αναγωγής στο 8%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 8%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 30%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 11.9%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 9.2%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 7.5 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 2,350,267 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 220,170 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1.09.



Εικόνα 8-16: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

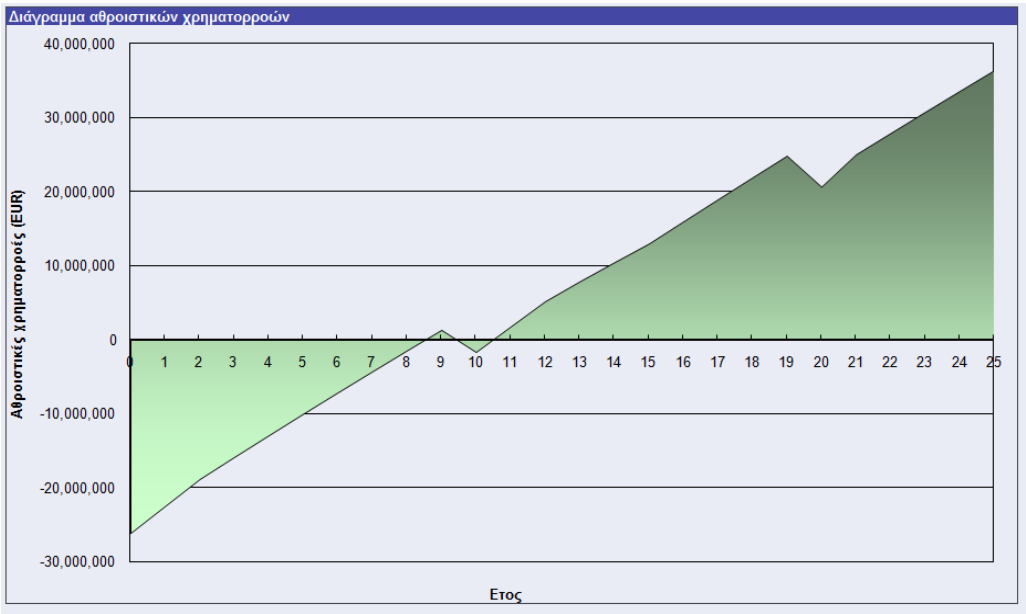
Επιτόκιο αναγωγής στο 10%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 10%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 30%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 11.9%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 9.2%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 7.5 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -1,491,613 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -164,328 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0.94.



Εικόνα 8-17: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

8.5.4 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 50% του συνολικού κόστους - Χωρίς Επιδότηση

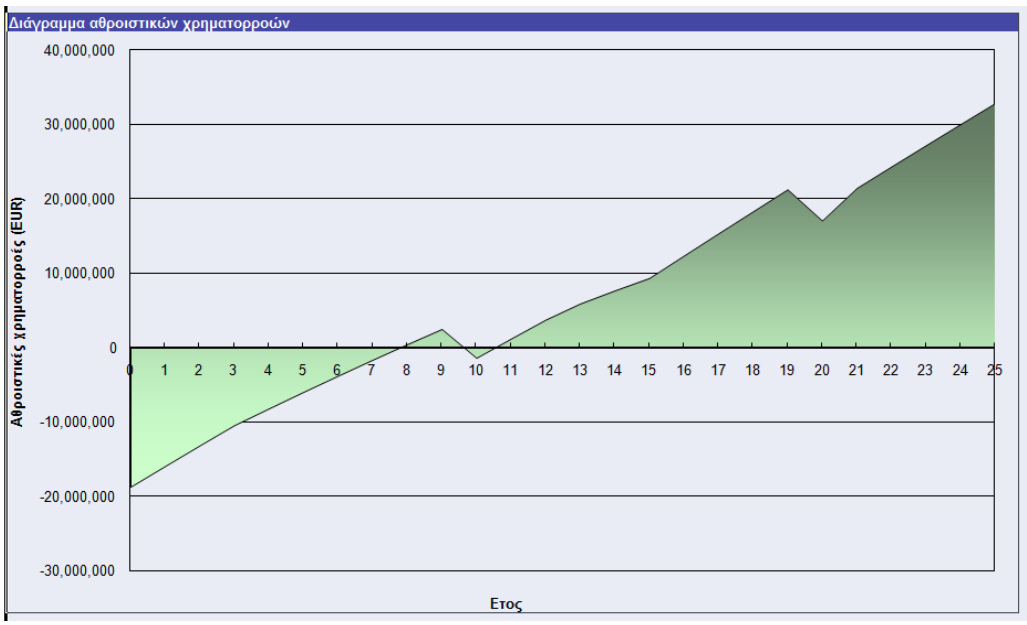
Επιτόκιο αναγωγής στο 6%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 6%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 50%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 12.9%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 10.3%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 7.5 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 7,743,998 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 605,788 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1.42.



Εικόνα 8-18: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

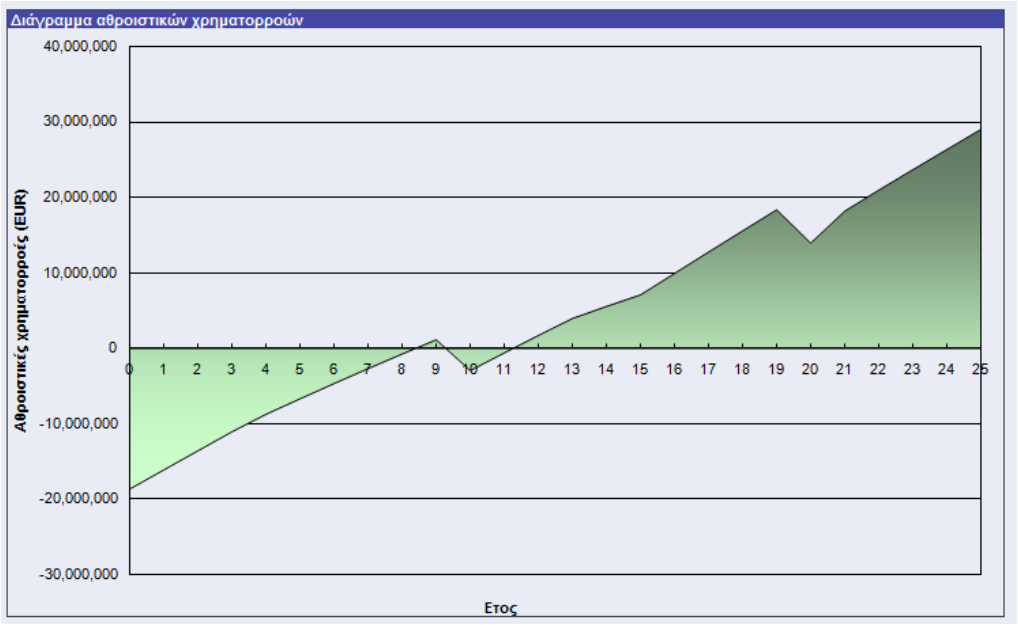
Επιτόκιο αναγωγής στο 8%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 8 %**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 50%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 12.9%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 10.3%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 7.5 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 3,565,023 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 333,967 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1.19.



Εικόνα 8-19: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

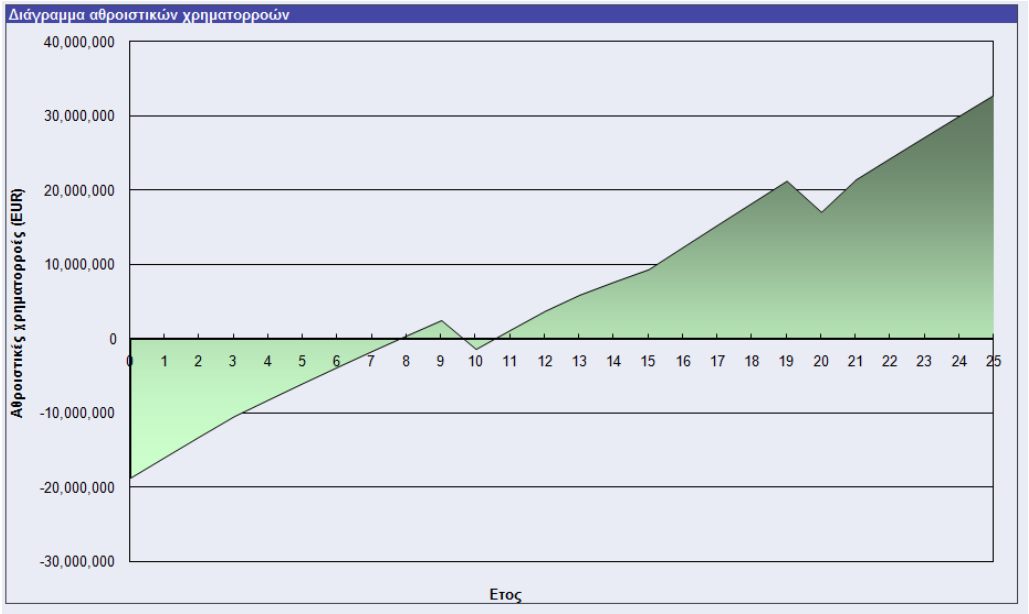
Επιτόκιο αναγωγής στο 10%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 10 %**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 50%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 12.9%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 10.3%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 7.5 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 433,598 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 47,769 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1.02.



Εικόνα 8-20: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

8.5.5 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 70% του συνολικού κόστους - Χωρίς Επιδότηση

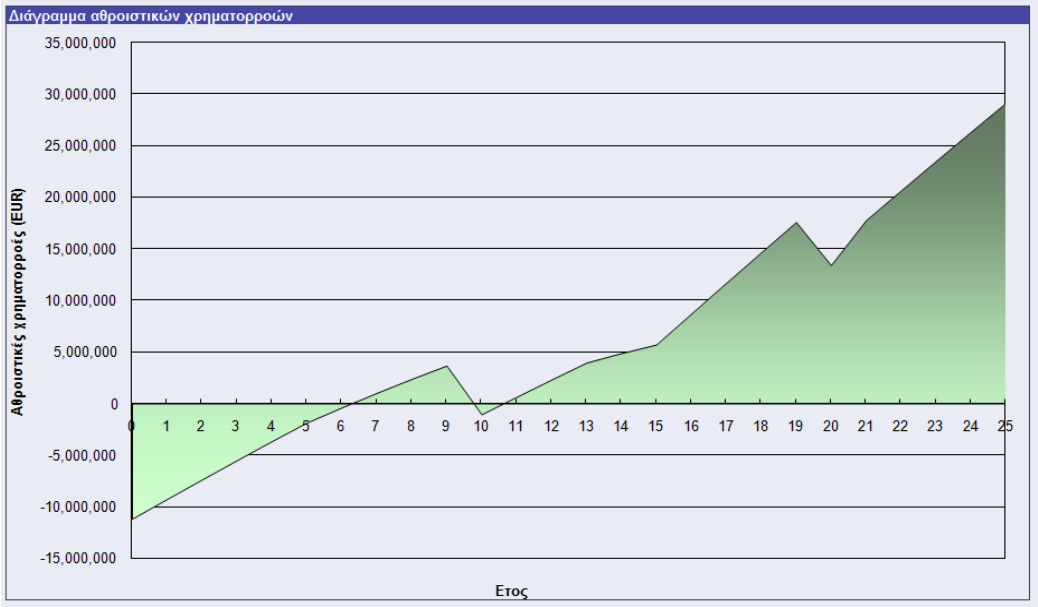
Επιτόκιο αναγωγής στο 6%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 6 %**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 70 %**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 15.1%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 12.6%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 7.5 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 8,055,400 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 630,148 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1.72.



Εικόνα 8-21: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

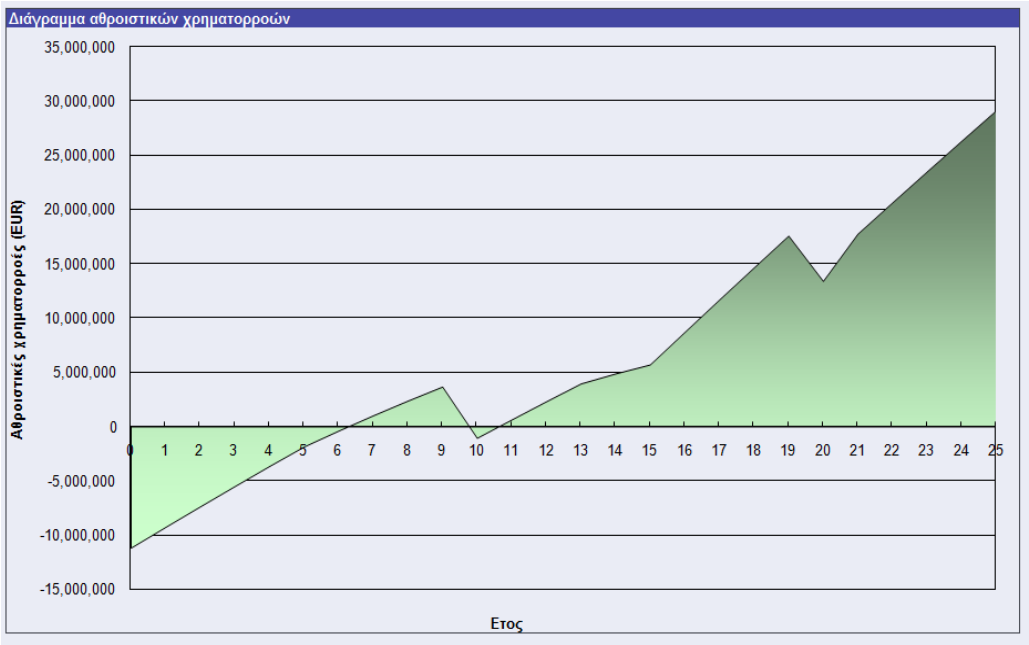
Επιτόκιο αναγωγής στο 8%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 8 %**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 70%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 15.1%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 12.6%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 7.5 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 4,730,227 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 443,122 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1.42.



Εικόνα 8-22: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

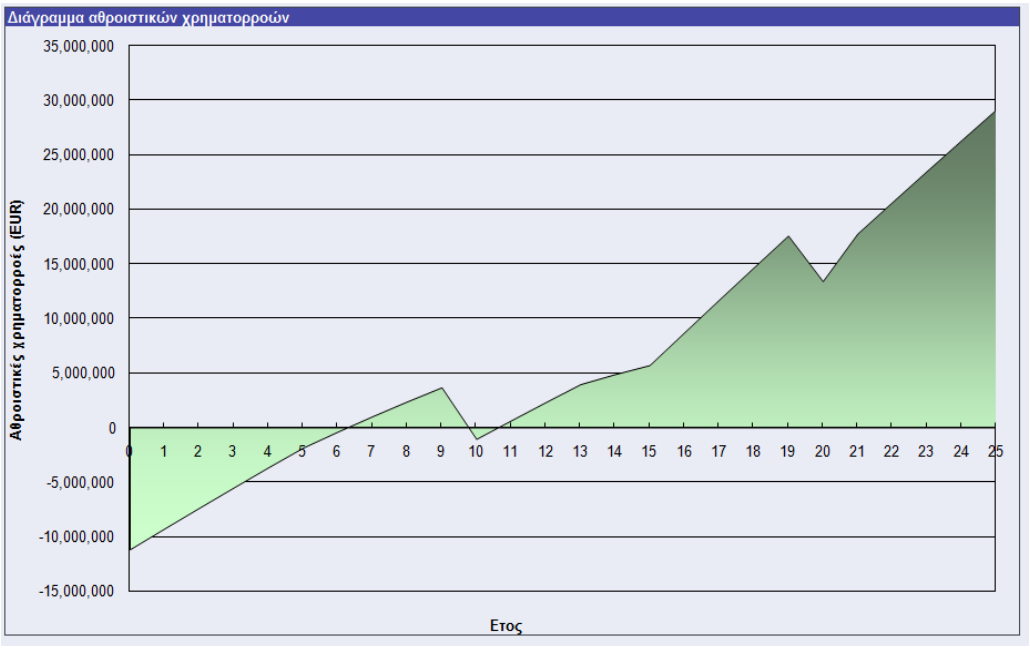
Επιτόκιο αναγωγής στο 10%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 10 %**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 70%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 15.1%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 12.6%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 7.5 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 2,301,598 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 253,563 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1.21.



Εικόνα 8-23: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

8.5.6 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 50% του συνολικού κόστους - <u>επιδότηση (25%)</u>

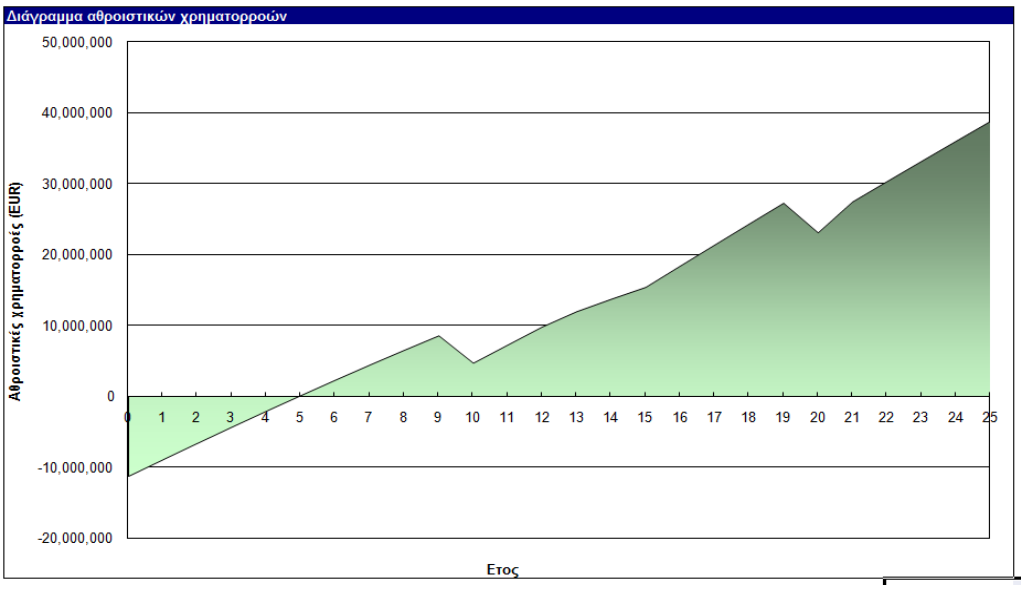
Επιτόκιο αναγωγής στο 6%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 6%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Επιδότηση 25%**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 50%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 27.7%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 17.8%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 5.6 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 13,941,542 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 1,090,601 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1.75.



Εικόνα 8-24: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

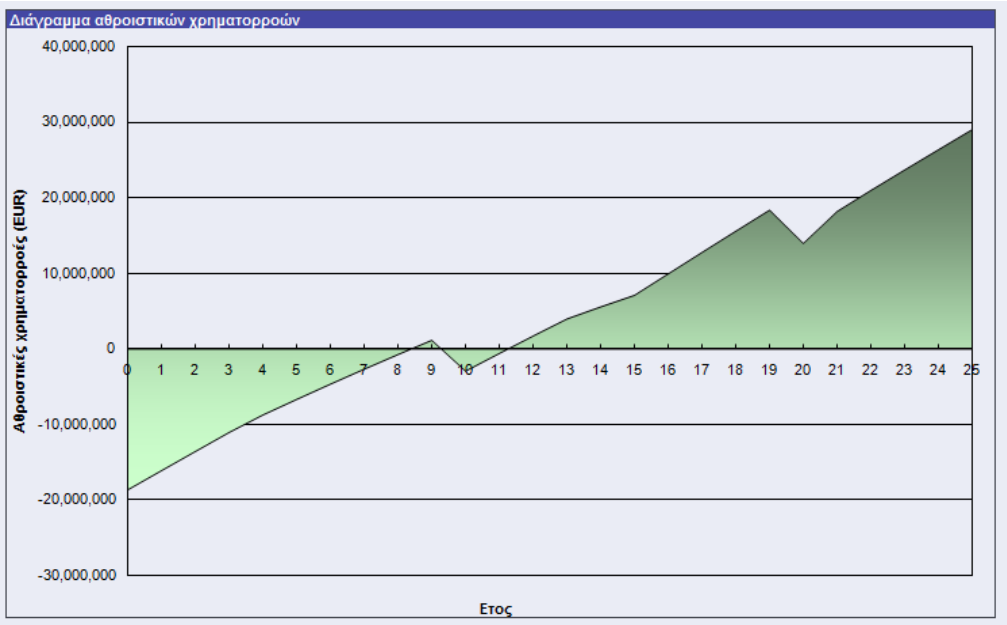
Επιτόκιο αναγωγής στο 8%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 8%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Επιδότηση 25%**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 50%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 27.7%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 17.8%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 5.6 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 9,804,278 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 918,453 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1.53.



Εικόνα 8-25: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

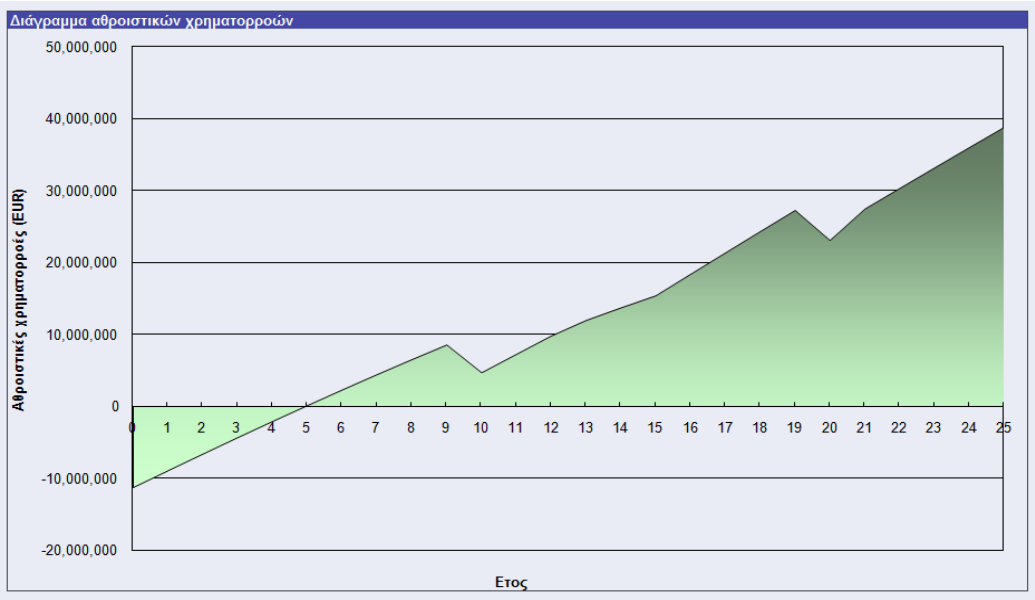
Επιτόκιο αναγωγής στο 10%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 10%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Επιδότηση 25%**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 50%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 27.7%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 17.8%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 5.6 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 6,712,101 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 739,459 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1.36.



Εικόνα 8-26: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

8.6. Συμπεράσματα – Συγκεντρωτικός πίνακας

Δεικτες οικονομικης βιωσημότητας	ΟΧΙ Δάνειο – ΟΧΙ Επιδότηση			30% Δάνειο – ΟΧΙ Επιδότηση			50% Δάνειο – ΟΧΙ Επιδότηση			70% Δάνειο – ΟΧΙ Επιδότηση			50% Δάνειο – 25% Επιδότηση		
Επιτόκιο αναγωγής	6,00 %	8,00 %	10,00 %	6,00 %	8,00 %	10,00 %	6,00 %	8,00 %	10,00 %	6,00 %	8,00 %	10,00 %	6,00%	8,00 %	10,00 %
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης IIR (%)	8,40 %	8,40 %	8,40 %	9,20 %	9,20 %	9,20 %	10,30 %	10,30 %	10,30 %	12,60 %	12,60 %	12,60 %	17,80 %	17,80 %	17,80 %
Καθαρή παρούσα αξία (NPV) (Εκατομύρια €)	7,43	0,9	-3,99	7,39	2,35	-1,49	7,74	3,56	0,43	8,05	4,73	2,3	13,94	9,8	6,71

Στο παρών κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε οικονομοτεχνική μελέτη για την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου 20 MW στη περιοχή των Χανίων, με τη χρήση του λογισμικού RETScreen.

Το σενάριο προέβλεπε την τοποθέτηση 10 ανεμογενητριών ονομαστικής ισχύος 2MW. Για την ανεμογεννήτρια που χρησιμοποιήθηκε πραγματοποιήθηκε μελέτη εύρεσης επικρατούς σεναρίου μεταξύ δύο διαφορετικών τύπων ανεμογεννητριών, του Τύπου Α και του Τύπου Β, όπου βάση της καμπύλης ισχύος και της ενέργειας η οποία παραδίδεται στο δίκτυο αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί η ανεμογεννήτρια Τύπου Β.

Στη συνέχεια εφαρμόστηκαν αρκετά διαφορετικά σενάρια διαφοροποιώντας συνδυαστικά το επιτόκιο αναγωγής, το ποσοστό χρηματοδότησης μέσω τραπεζικού δανείου και το ποσοστό επιδότησης, όπου τα αποτελέσματα παραθέτονται στον παραπάνω πίνακα.

Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων υπήρξαν βιώσιμα οικονομικά σενάρια, εκτός δύο περιπτώσεων όπου το επιτόκιο αναγωγής υποδέικνυε υψηλού ρίσκου επένδυση, έχοντας τιμή 10%, που σε συνδυασμό με την απουσία χρηματοδότησης ή την ύπαρξη χαμηλού τραπεζικού δανείου της τάξης του 30%, οδήγησε σε αρνητική τιμή της ΚΠΑ, δηλαδή σε ΜΗ βιώσιμη επένδυση.

Τα αποτελέσματα λοιπόν έδειξαν ότι η προοπτική κατασκευής αιολικών πάρκων στην Ελλάδα φαντάζει ως αρκετά καλή, καθώς το τεράστιο αιολικό δυναμικό της χώρας μας αποτελεί εγγύηση για θετικά οικονομικά αποτελέσματα. Οι οικονομικοί δείκτες που προέκυψαν για την πλειοψηφία των σεναρίων είναι θετικοί, ειδικότερα για τη περίπτωση συνδιασμού χρήσης τραπεζικού δανείου και επιδότησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9ο

Σχεδιασμός φωτοβολταϊκών πάρκων 80KW και 5 MW στη Μαλάξα Χανίων – Εφαρμογή διαφορετικών οικονομικών σεναρίων

9Α Φωτοβολταικό πάρκο 80 KW

Βήματα του λογισμικού RETSCREEN:

9.1 Εκκίνηση

Αρχικά ζητείται από το χρήστη να συμπηρώσει κάποια στοιχεία σχετικά με την εξεταζόμενη εφαρμογή.

Συγκεκριμένα ζητούνται:

- Πληροφορίες σχετικά με το έργο:
    - ονομασία και η τοποθεσία του έργου: **80 KW / Κρήτη**
    - ο τύπος του έργου: **Παραγωγή ηλεκτρισμού**
    - η τεχνολογία: **Φωτοβολταικό**
    - ο τύπος του δικτύου: **Κεντρικό δίκτυο**
    - ο τύπος ανάλυσης: **Μεθοδος 2**
    - θερμογόνος ικανότητα αναφορας: **Κατώτερη θερμογόνος Ικανότητα (ΚΘΙ)**
    - και άλλες πληροφορίες όπως το νόμισμα, η γλώσσα και οι μονάδες μέτρησης.
- Πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας:

  Θέση κλιματολογικών δεδομένων: **Souda Bay Crete**

Για το φωτοβολταϊκό πάρκο των 80 KW θα επιλέξουμε μη διασυνδεδεμένο δίκτυο αφού θα τοποθετηθεί στην Μαλάξα Χανίων. Αφορά δηλαδή μια εφαρμογή στην περιοχή της Κρήτης που θα πρέπει να λειτουργεί ανεξάρτητα απο το διασυνδεδεμένο δίκτυο της Ελλάδας (όπως συμβαίνει και σε εφαρμογές των νησιών του Αιγαίου εκτός της Εύβοιας).

Ακολουθεί ακριβής απεικόνιση του φύλου της εκκίνησης του προγράμματος RETScreen:

Natural Resources Canada | Ressources naturelles Canada | Canada

RETScreen® International
www.retscreen.net

Λογισμικό Ανάλυσης Εργων Καθαρής Ενέργειας

Πληροφορία έργου — Δείτε Βάση δεδομένων έργου

Ονομασία έργου	80 kW
Τοποθεσία έργου	Κρήτη
Συντάχθηκε για	
Συντάχθηκε από	
Τύπος έργου	Παραγωγή ηλεκτρισμού
Τεχνολογία	Φωτοβολταϊκό
Τύπος δικτύου	Κεντρικό δίκτυο
Τύπος ανάλυσης	Μέθοδος 2
Θερμογόνος ικανότητα αναφοράς	Κατώτερη Θερμογόνος Ικανότητα (ΚΘΙ)
Δείξε ρυθμίσεις	☑
Γλώσσα	Greek - Ελληνικά
Εγχειρίδιο Χρήστη	English - Anglais
Νόμισμα	Σύμβολο Ευρώ
Μονάδες	Μονάδες μετρικού συστήματος

Συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας — Επιλέξτε τοποθεσία κλιματικών δεδομένων

Θέση κλιματολογικών δεδομένων	Souda Bay Crete
Δείξε δεδομένα	☐

Συμπληρώστε το φύλλο Ενεργειακό Μοντέλο

RETScreen4 2013-08-27 | © Minister of Natural Resources Canada 1997-2013. | NRCan/CanmetENERGY

	Μονάδα	Θέση κλιματολογικών δεδομένων	Τοποθεσία έργου
Γεωγραφικό πλάτος	°B	35.5	35.5
Γεωγραφικό μήκος	°A	24.2	24.2
Υψόμετρο	m	146	146
Θερμοκρασία θέρμανσης βάσει σχεδιασμού	°C	5.8	
Θερμοκρασία ψύξης βάσει σχεδιασμού	°C	33.1	
Πλάτος (διακύμανση) θερμοκρασίας εδάφους	°C	9.3	

Μήνας	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία - Οριζόντια	Ατμοσφαιρική πίεση	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία εδάφους	Βαθμό-ημέρες θέρμανσης	Βαθμο-ημέρες ψύξης
	°C	%	kWh/m²/ημ	kPa	m/Δευτερόλεπτ	°C	°C-ημ	°C-ημ
Ιανουάριος	11.0	77.3%	2.31	101.2	3.2	15.1	217	31
Φεβρουάριος	10.8	76.4%	3.20	101.1	3.3	14.9	202	22
Μάρτιος	12.6	74.4%	4.57	101.0	3.6	15.9	167	81
Απρίλιος	15.7	70.5%	6.30	100.8	3.7	17.9	69	171
Μαίος	20.1	64.4%	7.45	100.8	3.3	21.2	0	313
Ιούνιος	24.6	57.2%	8.45	100.7	3.2	24.7	0	438
Ιούλιος	26.6	57.9%	8.41	100.5	2.9	26.8	0	515
Αύγουστος	26.1	59.8%	7.58	100.5	3.0	27.3	0	499
Σεπτέμβριος	23.3	65.9%	6.14	100.8	2.9	25.8	0	399
Οκτώβριος	19.9	71.8%	4.28	101.1	2.8	22.8	0	307
Νοέμβριος	15.6	75.8%	2.65	101.1	2.8	19.3	72	168
Δεκέμβριος	12.1	78.7%	2.05	101.2	3.2	16.4	183	65
Ετήσιο	18.2	69.1%	5.29	100.9	3.2	20.7	910	3,009
Μετρημένο σε (m)					10.0	0.0		

Συμπληρώστε το φύλλο Ενεργειακό Μοντέλο

RETScreen4 2013-08-27 | © Minister of Natural Resources Canada 1997-2013. | NRCan/CanmetENERGY

Εικόνα 9-1

9.2 Ενεργειακό μοντέλο

Στην δεύτερη ενότητα περιγράφεται το ενεργειακό μοντέλο και ο τρόπος συμπλήρωσής του, σχετικά με την Αξιολόγηση πηγών, τις πληροφορίες σχετικά με το φωτοβολταικό που θα χρησιμοποιηθεί, το μετατροπέα, και τέλος ακολουθούν συμπερασματικά αποτελέσματα σχετικά με το συντελεστή ισχύος και την παραγώμενη ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο.

- **Αξιολόγηση πηγών**

Όσον αφορά την λειτουργία παρακολούθησης του ήλιου, αυτό είναι το πεδίο που θα διαφοροποιηθεί κατα τη μελέτη διαφορετικών σεναρίων.

Για το βασικό σενάριο έχουμε:

- Λειτουργία παρακολούθησης του ήλιου: Διαξονικό ή Σταθεροποιημένο
- Κλίση: 30°(Αν και το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής είναι 35°, και τα πάνελ

  θα έπρεπε να τοποθετηθούν σε κλίση ίση με αυτή του γεωγραφικού πλάτους,, λόγω της τυποποίησης των σιδερένιων στηριγμάτων τοποθετήθηκαν στις 30° σε νότιο προσανατολισμό.
- Αζιμούθιο: 0°

Από πρώτη Φεβρουαρίου 2013 ισχύουν οι νέες εγγυημένες τιμές αγοράς της κιλοβατώρας από τη ΔΕΗ και συγκεκριμένα για το δικό μας μη διασυνδεδεμένο σύστημα η τιμή είναι 214,88 €/Mwh.

Αξιολόγηση πηγών

Λειτουργία παρακολούθησης του ήλιου		Διαξονικό
Κλίση	°	30,0
Αζιμούθιο	°	0,0

☑ Δείξε δεδομένα

Μήνας	Ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία - Οριζόντια kWh/m²/ημ	Ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία - kWh/m²/ημ	Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού €/MWh	Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο MWh
Ιανουάριος	2,31	4,18	214,9	9,001
Φεβρουάριος	3,20	5,07	214,9	9,829
Μάρτιος	4,57	6,72	214,9	14,213
Απρίλιος	6,30	8,53	214,9	17,093
Μαίος	7,45	10,23	214,9	20,710
Ιούνιος	8,45	11,62	214,9	22,170
Ιούλιος	8,41	11,79	214,9	22,997
Αύγουστος	7,58	11,25	214,9	22,017
Σεπτέμβριος	6,14	9,31	214,9	17,935
Οκτώβριος	4,28	7,37	214,9	15,026
Νοέμβριος	2,65	4,75	214,9	9,677
Δεκέμβριος	2,05	3,84	214,9	8,247
Ετήσιο	**5,29**	**7,90**	**214,90**	**188,915**

Ετήσια ηλιακή ακτινοβολία - οριζόντιο επίπεδο	MWh/m²	1,93
Ετήσια ηλιακή ακτινοβολία - επικλινές επίπεδο	MWh/m²	2,89

Εικόνα 9-2

- **Φωτοβολταϊκό**

Όσον αφορά το τεχνικό κομμάτι της μελέτης επιλέξαμε 341 μονάδες με χωρητικότητα ανά μονάδα 235W ώστε η συνολική Ηλεκτρική ισχύς να είναι 80.15 kW.

Η επιλογή μας είναι η κατασκευάστρια εταιρία Sharp με τα εξής χαρακτηριστικά:

- Τύπος: Πολυ-Si

Μοντέλο: Πολυ-Si - ND-Q235F4

Βαθμός απόδοσης: 14,4%

Λοιπές απώλειες: 5%

- **Μετατροπέας (inverter)**
  - Βαθμός απόδοσης: 93%
  - Ισχύς: 90%
  - Λοιπές απώλειες: 0%
- **Περίληψη**
  - Συντελεστής Ισχύος: 19.6%
  - Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο: 137,384 MWh

Φωτοβολταϊκό			
Τύπος		Πολυ-Si	
Ηλεκτρική ισχύς	kW	80,14	
Κατασκευαστής		Sharp	
Μοντέλο		Πολυ-Si - ND-Q235F4	341 μονάδα(-ες)
Βαθμός απόδοσης	%	14,4%	
Ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας κελλίου	°C	45	
Συντελεστής θερμοκρασίας	% / °C	0,40%	
Επιφάνεια ηλιακού συλλέκτη	m²	556	
Λοιπές απώλειες	%	5,0%	
Μετατροπέας (inverter)			
Βαθμός απόδοσης	%	93,0%	
Ισχύς	kW	90,0	
Λοιπές απώλειες	%	0,0%	
Περίληψη			
Συντελεστής ισχύος	%	19,6%	
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	137,384	

Εικόνα 9-3

9.3 Ανάλυση Κόστους

Για την πραγματοποίηση ή όχι ενός έργου απαιτείται μια οικονομική ανάλυση της επιθυμητής επένδυσης, βάση συγκεκριμένων πεδίων που εξετάζονται στο τρίτο φύλλο εργασίας του προγράμματος RETScreen 4. Αυτά είναι:

(a) Αρχικό κόστος:

(1) Μελέτη σκοπιμότητας

(2) Ανάπτυξη του έργου

(3) Μηχανολογικά

(4) Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

(5) Ισοζύγιο του συστήματος & διάφορα έξοδα

(b) Ετήσια κόστη

(c) Περιοδικά κόστη

Αναλυτικά:

(a) Αρχικό κόστος:

Η ενότητα με τα αρχικά κόστη του έργου αποτελείται από πέντε υποενότητες:

(1) Μελέτη Σκοπιμότητας

Στην πρώτη υποενότητα συμπληρώνονται τα αρχικά κόστη της επένδυσης. Τα κόστη αυτά περιλαμβάνουν μελέτη της τοποθεσίας εγκατάστασης, του βασικού σχεδιασμού, της ετοιμασίας αναφορών σχετικά με το έργο και τις διάφορες μετακινήσεις των υπευθύνων για διαπραγματεύσεις. Απαραίτητη είναι η αξιολόγηση των φυσικών πόρων και η εγκατάσταση μετεωρολογικών σταθμών στην περιοχή πραγματοποίησης του έργου, ετσι ώστε να έχουμε ακριβείς μετρήσεις. Αυτή η εγκατάσταση αποτελεί και το μεγαλύτερο μέρος των εξόδων που αφορούν τη μελέτη σκοπιμότητας.
Στο τέλος της υποενότητας υπολογίζεται το συνολικό κόστος των διαδικασιών.

Για το συγκεκριμένο έργο το υπολογιζόμενο κόστος της μελέτης σκοπιμότητας, ανέρχεται στο ποσό των 6.500 €.

(2) Ανάπτυξη

Στη δεύτερη υποενότητα διαδικασιών, περιλαμβάνονται οι διαδικασίες ανάπτυξης του έργου. Συγκεκριμένα, στην κατηγορία αυτή έχουμε τα κόστη από αδειοδοτήσεις και εγκρίσεις αιτήσεων, τη συνολική διαχείριση του έργου και πιθανές μετακινήσεις των υπευθύνων για τη διεκπεραίωση τέτοιων διαδικασιών.

Για την παρούσα μελέτη ο προυπολογισμός για την ανάπτυξη του έργου ανέρχεται στο ποσό των 10.000 €.

(3) Μηχανολογικά

Η τρίτη υποενότητα διαδικασιών περιλαμβάνει τα κόστη κατασκευής του έργου.
Τα κόστη αυτά αφορούν:

- το σχεδιασμό του φ/β συστήματος,
- το σχεδιασμό της συνολικής υποδομής του συστήματος,
- την υποδομή των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων,
- τα κόστη διεκπεραίωσης γραφειοκρατικών δραστηριοτήτων και συμβολαίων και την

- <u>επίβλεψη</u> του έργου.

Η απαραίτητη επίβλεψη του μηχανικού καθ'όλη τη διάρκεια του έργου μαζί με τον αναγκαίο ηλεκτρολογικό, μηχανολογικό και οικοδομικό σχεδιασμό, την προκήρυξη διαγωνισμών και την υπογραφή συμβάσεων, επιβαρύνουν το κόστος της επένδυσης κατά 60.<u>000 €</u>.

(4) <u>Σύστημα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας</u>

Στην τέταρτη υποενότητα διαδικασιών, λαμβάνονται υπόψη τα έξοδα που οφείλονται στην απόκτηση του απαραίτητου φ/β εξοπλισμού για την ολοκλήρωση του έργου.
Τέτοια έξοδα αποτελούν η απόκτηση των ίδιων των φ/β πλαισίων,
τα έργα οδοποιίας που είναι απαραίτητο να γίνουν, το κόστος της γραμμής μεταφοράς ηλεκτρισμού του πάρκου, τα έξοδα για τη δημιουργία του κατάλληλου υποσταθμού καθώς και τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης.

Συγκεκριμένα:

- αγορά φ/β πλαισίων (80KWp * 4.500 €) = 360.000 €
- εγκατάσταση φ/β πλαισίων (80KWp * 1000 €) = 80.000 €
- έργο οδοποιίας 7 km (10.000 €)
- 3 MECHATRON SOLAR TRACKER D180-BASIC SOLUTION για τις 341 μονάδες φωτοβολταϊκών πάνελ. (22.000 €)

Οπότε το συνολικό κόστος ανέρχεται στο ποσό των <u>496.000 €.</u>

(5) Ισοζύγιο του συστήματος & Διάφορα έξοδα

Στην πέμπτη υποενότητα προβλέπεται η συμπλήρωση διάφορων εξόδων που δεν εμπίπτουν σε καμία από τις παραπάνω τέσσερις διαδικασίες, καθώς και τυχόν αποκλίσεις από τις εκτιμήσεις των εξόδων που περιγράφηκαν πριν, ως ποσοστό του συνολικού κόστους όλων αυτών των δραστηριοτήτων.

Το κόστος των ανταλλακτικών υπολογίζεται στο 3% του συνολικού ποσού που προορίζεται για τα φωτοβολταικά.

Η μεταφορά των πλαισίων κοστολογείται ανάλογα με τον προορισμό τους. Συγκεκριμένα για την κρήτη το κόστος αυτό ανέρχεται στο ποσό του 1000 <u>€.</u>

Προβλέπεται και ένα επιπλέον 10% επι του συνολικού κόστους αυτής της υποενότητας για τυχόν έκτακτα εξόδα που αφορούν τις δραστηριότητες αυτές.

Τέλος μπορούμε να προσθέσουμε κάποιους 6μηνιαίους τόκους κατα την κατακευή.

Για κατασκευές μεγάλης διάρκειας είναι απαραίτητο να λαμβάνεται υπόψην και η μεταβολή της αξίας του χρήματος, κάτι που δεν θα μας απασχολήσει στην συγκεκριμένη επένδυση αφού το πάρκο θα έχει ολοκληρωθεί σε διάστημα μισού έτους.

Αθροίζοντας τα συνολικά κόστη των πέντε υποενοτήτων, προκύπτει το συνολικό αρχικό κόστος του έργου,

το οποίο ανέρχεται στο ποσότων **630.847€.**

Ανάλυση κόστους RETScreen - Εργο ηλεκτροπαραγωγής

Ρυθμίσεις		
⦿ Μέθοδος 1	⦿ Σημειώσεις/Εύρος	Σημειώσεις/Εύρος
○ Μέθοδος 2	○ Δεύτερο νόμισμα	Καμία
	○ Κατανομή κόστους	

Αρχικό κόστος (πιστώσεις)	Μονάδα	Ποσότητα	Μονάδα κόστους	Ποσό	Σχετικό κόστος
Μελέτη σκοπιμότητας					
Μελέτη σκοπιμότητας	κόστος	1	€ 6.500	€ 6.500	
Υπο-σύνολο:				€ **6.500**	1,0%
Ανάπτυξη					
Ανάπτυξη	κόστος	1	€ 10.000	€ 10.000	
Υπο-σύνολο:				€ **10.000**	1,6%
Μηχανολογικά					
Μηχανολογικά	κόστος	1	€ 60.000	€ 60.000	
Υπο-σύνολο:				€ **60.000**	9,5%
Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας					
Φωτοβολταϊκό	kW	80,14	€ 4.500	€ 360.608	
Εργα οδοποιίας	km	7	€ 10.000	€ 70.000	
Γραμμή μεταφοράς ηλεκτρισμού	km			€ -	
Υποσταθμός	έργο			€ -	
Μέτρα ενεργειακής απόδοσης	έργο			€ -	
trackers	κόστος	3	€ 22.000	€ 66.000	
				€ -	
Υπο-σύνολο:				€ **496.608**	78,7%
Ισοζύγιο συστήματος & διάφορα					
Ανταλλακτικά	%			€ -	
Μεταφορά	έργο		€ 1.000	€ -	
Εκπαίδευση & θέση σε λειτουργία	ανά ημέρα	6	€ 65	€ 390	
Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος			€ -	
Απρόβλεπτα	%	10,0%	€ 573.498	€ 57.350	
Τόκος κατά την κατασκευή		6 μήνας(ες)	€ 630.847	€ -	
Υπο-σύνολο:				€ **57.740**	9,2%
Συνολικά αρχικά κόστη				€ **630.847**	100,0%

Εικόνα 9-4

(b) Ετήσια κόστη:

Στην ενότητα αυτή περιγράφονται τα ετήσια κόστη (κέρδη) που προκύπτουν από την εφαρμογή του έργου.

Εδώ συμπεριλαμβάνονται <u>έργα συντήρησης</u> του φ/β πάρκου και των γραμμών μεταφοράς. Συγκεκριμένα το ποσό των 3000 ευρω είναι αρκετό για να καλύψει τα συγκεκριμένα έξοδα.

(c) Περιοδικά κόστη:

Στην ενότητα αυτή, υπολογίζονται τα περιοδικά κόστη του έργου. Τέτοια έξοδα αναφέρονται κυρίως στην περιοδική αντικατάσταση των μπαταριών αλλά κυρίως αντικατάσταση του μετατροπέα κάθε 15 χρόνια λόγω φθοράς, αξίας 25.000 ευρώ. Η αντικατάστασή του δεν πρέπει να θεωρείται δεδομένη, καθώς μπορεί μέχρι το τέλος ζωής του έργου να μην αντιμετωπίσει κανένα πρόβλημα! Αξίζει να αναφερθεί και η πιθανή αντικατάσταση εξαρτημάτων του tracker με κόστος 1.100 € κάθε 5 χρόνια.

Ετήσια κόστη (πιστώσεις)	Μονάδα	Ποσότητα	Μονάδα κόστους	Ποσό
Λειτουργία & Συντήρηση				
Τμήματα & Εργασία	έργο	12	€ 250	€ 3.000
Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος			€ -
Απρόβλεπτα	%		€ 3.000	€ -
Υπο-σύνολο:				€ **3.000**

Περιοδικά κόστη (πιστώσεις)	Μονάδα	Ετος	Μονάδα κόστους	Ποσό
Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος	15	€ 25.000	€ 25.000
		5	€ 1.000	€ 1.000
Τέλος διάρκειας ζωής έργου	κόστος			€ -

Εικόνα 9-5

9.4 Ανάλυση Εκπομπών

Ανάλυση μείωσης εκπομπών RETScreen - Εργο ηλεκτροπαραγωγής

☑ **Ανάλυση Εκπομπών**

○ Μέθοδος 1
◉ Μέθοδος 2
○ Μέθοδος 3

Δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης των ΑΤΘ

25 τόνοι CO2 =	0 τόνος CH4	(IPCC 2007)
298 τόνοι CO2 =	0 τόνος N2O	(IPCC 2007)

Βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού (Σενάριο Αναφοράς)

Τύπος Καυσίμου	Μίγμα καυσίμου %	Συντελεστής εκπομπής CO2 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής CH4 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής N2O kg/GJ	Βαθμός απόδοσης παραγωγής ηλεκτρισμού %	Απώλειες M&Δ %	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ tn CO2/MWh
Πετρέλαιο (#6)	36,6%	77,8	0,0030	0,0020	30,0%	8,0%	1,024
Πετρέλαιο (#6)	23,6%	77,8	0,0030	0,0020	30,0%		0,942
Ελαφρύ πετρέλαιο (#2 πετρέλαιο)	3,6%	73,3	0,0020	0,0020	30,0%		0,888
Ελαφρύ πετρέλαιο (#2 πετρέλαιο)	15,7%	73,3	0,0020	0,0020	30,0%		0,888
Αιολικό	15,8%	0,0	0,0000	0,0000	100,0%		0,000
Ηλιακό	4,7%	0,0	0,0000	0,0000	100,0%		0,000
Μίγμα Ηλεκτρισμού	100,0%	211,6	0,0076	0,0055		2,9%	0,768

☐ Αλλαγές στο Σενάριο Αναφοράς κατά τη διάρκεια ζωής του έργου

Περίληψη εκπομπών ΑΤΘ βασικού σεναρίου (σεναρίου αναφοράς)

Τύπος Καυσίμου	Μίγμα καυσίμου %	Συντελεστής εκπομπής CO2 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής CH4 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής N2O kg/GJ	Κατανάλωση καυσίμου MWh	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ tn CO2/MWh	Εκπομπές ΑΤΘ tn CO2
Ηλεκτρική ενέργεια	100,0%	211,6	0,0076	0,0055	137	0,768	105,6
Σύνολο	100,0%	211,6	0,0076	0,0055	137	0,768	105,6

Περίληψη εκπομπών ΑΤΘ προτεινόμενης περίπτωσης (Εργο ηλεκτροπαραγωγής)

Τύπος Καυσίμου	Μίγμα καυσίμου %	Συντελεστής εκπομπής CO2 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής CH4 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής N2O kg/GJ	Κατανάλωση καυσίμου MWh	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ tn CO2/MWh	Εκπομπές ΑΤΘ tn CO2
Ηλιακό	100,0%	0,0	0,0000	0,0000	137	0,000	0,0
Σύνολο	100,0%	0,0	0,0000	0,0000	137	0,000	0,0
				Απώλειες M&Δ			
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	137		8,0%	11	0,768	8,4
						Σύνολο	8,4

Σύνοψη μείωσης εκπομπών ΑΤΘ

	Εκπομπές ΑΤΘ βασικής περίπτωσης tn CO2	Εκπομπές ΑΤΘ προτεινόμενης περίπτωσης tn CO2			Μικτή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ tn CO2	Τέλη συνναλαγών πιστώσεων εκπομπών ΑΤΘ %	Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ tn CO2
Εργο ηλεκτροπαραγωγής	105,6	8,4			97,1	0%	97,1
Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	97,1	tn CO2	ισοδυναμεί με	17,8	Αυτοκίνητα και ελαφριά φορτηγά δεν χρησιμοποιούνται		

Συμπληρώστε το φύλλο Οικονομική Ανάλυση

Εικόνα 9-6

Η καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ είναι 97.1 Tn CO2.

9.5 Οικονομική Ανάλυση

Αρχικά στην υποενότητα 9.5.1 θα βρούμε το επικρατές σενάριο συγκρίνοντας τις τιμές της *Καθαρής Παρούσας Αξίας* για δύο περιπτώσεις. Η πρώτη για χρήση σταθερής βάσης και η δεύτερη για χρήση διαξονικής βάσης.

Αφού καταλήξουμε στην πιο συμφέρουσα επιλογή, βάση της ΚΠΑ, θα εφαρμόσουμε διαφορετικές περιπτώσεις οπου θα διαφοροποιούνται <u>το επιτόκιο αναγωγής και</u> <u>το ποσοστό χρηματοδότησης.</u>

Οι διαφορετικοί συνδυασμοί που θα γίνουν είναι οι ακόλουθοι:

9.5.2 Σενάριο χωρίς τραπεζικό δάνειο και χωρίς επιδότηση

9.5.3 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 30% του συνολικού κόστους - χωρίς επιδότηση

9.5.4 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 50% του συνολικού κόστους - χωρίς επιδότηση

9.5.5 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 70% του συνολικού κόστους - χωρίς επιδότηση

9.5.1 Εύρεση επικρατούς σεναρίου (επιτόκιο αναγωγής 8% - 40% Δάνειο - Χωρίς Επιδότηση)

Για να βρώ το επικρατών σενάριο θα τρέξω δύο σενάρια με 40% τραπεζικό δάνειο και 60% αρχικό κεφάλαιο και επιτόκιο αναγωγής 8%, χρησιμοποιώντας όμως στο ένα **σταθεροποιημένη** βάση για την λειτουργία παρακολούθησης του ήλιου και στο άλλο **διαξονική** βάση.

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 8%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς επιδότηση**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 40%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

<u>Για σταθεροποιημένη βάση:</u>

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

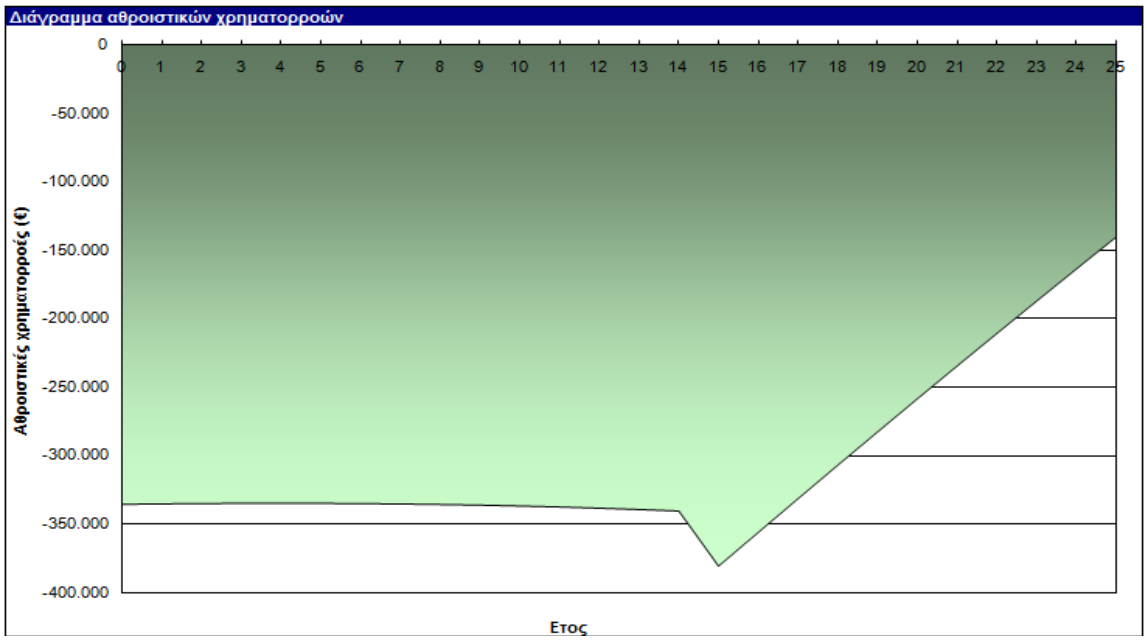
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο -2,5%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο -2,5%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 21,1 έτη
- ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -298.418 €
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -27.955 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,11.

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	-2,5%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-4,7%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	-2,5%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-4,7%
Απλή αποπληρωμή	έτος	21,1
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	> έργο
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-298.418
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	-27.955
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		0,11
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		-0,54
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	418,28
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	288

Εικόνα 9-7: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-334.948	-334.948	-334.948
1	332	332	-334.616
2	239	239	-334.377
3	144	144	-334.233
4	46	46	-334.187
5	-56	-56	-334.243
6	-160	-160	-334.403
7	-267	-267	-334.670
8	-378	-378	-335.048
9	-492	-492	-335.540
10	-610	-610	-336.150
11	-731	-731	-336.880
12	-855	-855	-337.736
13	-983	-983	-338.719
14	-1.116	-1.116	-339.835
15	-40.201	-40.201	-380.035
16	24.696	24.696	-355.340
17	24.552	24.552	-330.788
18	24.403	24.403	-306.385
19	24.250	24.250	-282.136
20	24.092	24.092	-258.044
21	23.929	23.929	-234.115
22	23.762	23.762	-210.353
23	23.589	23.589	-186.764
24	23.412	23.412	-163.352
25	23.229	23.229	-140.123

Εικόνα 9-8: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-9: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

Η συνολική παραγώμενη ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο είναι: 137 MWh

<u>Για διαξονική βάση:</u>

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

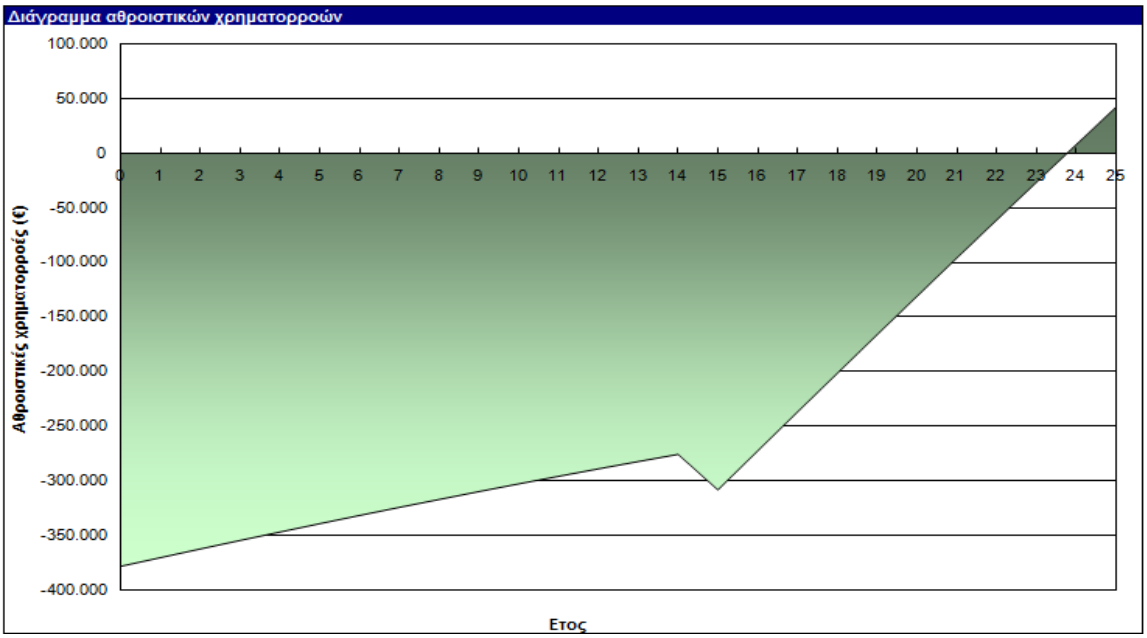
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 0,6%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 0,6%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 16,8 έτη
- ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -252.861 €
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -23.688 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,33.

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	0,6%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-2,2%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	0,6%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-2,2%
Απλή αποπληρωμή	έτος	16,8
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	23,8
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-252.861
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	-23.688
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		0,33
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		1,26
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	467,79
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	177

Εικόνα 9-10: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-378.508	-378.508	-378.508
1	8.008	8.008	-370.500
2	7.916	7.916	-362.585
3	7.820	7.820	-354.765
4	7.722	7.722	-347.043
5	7.620	7.620	-339.423
6	7.516	7.516	-331.906
7	7.409	7.409	-324.498
8	7.298	7.298	-317.200
9	7.184	7.184	-310.016
10	7.066	7.066	-302.950
11	6.946	6.946	-296.004
12	6.821	6.821	-289.183
13	6.693	6.693	-282.491
14	6.560	6.560	-275.930
15	-32.525	-32.525	-308.455
16	35.765	35.765	-272.690
17	35.620	35.620	-237.070
18	35.472	35.472	-201.598
19	35.318	35.318	-166.280
20	35.161	35.161	-131.120
21	34.998	34.998	-96.122
22	34.831	34.831	-61.291
23	34.658	34.658	-26.633
24	34.480	34.480	7.848
25	34.298	34.298	42.145

Εικόνα 9-10: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-11: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

Η συνολική παραγώμενη ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο είναι: 189 MWh

Εκτιμώντας λοιπόν τόσο την *Καθαρή Παρούσα Αξία* όσο και την *συνολική ετήσια παραγώμενη ενέργεια* συμπεραίνουμε οτι πιο αποδοτική θα είναι η χρήση της διαξονικής βάσης, αφού παρατηρούμε μεγαλύτερο δείκτη καθαρής παρούσας αξίας (-252.861 €) έναντι -298.498 € που προκύπτει με τη σταθεροποιημένη βάση!

Άλλα οικονομικά Σενάρια με χρήση διαξονικής βάσης:

9.5.2 Σενάριο χωρίς τραπεζικό δάνειο και χωρίς επιδότηση

Επιτόκιο αναγωγής στο 6%:

Αν και για τέτοιου μεγέθους επενδύσεις δεν είναι ρεαλιστική η πραγματοποίησή τους χωρίς τη χρήση δανείου, παρουσιάζεται ένα τέτοιο ενδεχόμενο για να ελέγξουμε τη βιωσιμότητα του έργου που μελετάμε.

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 6%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**

- **Χωρίς Τραπεζικό δάνειο**

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

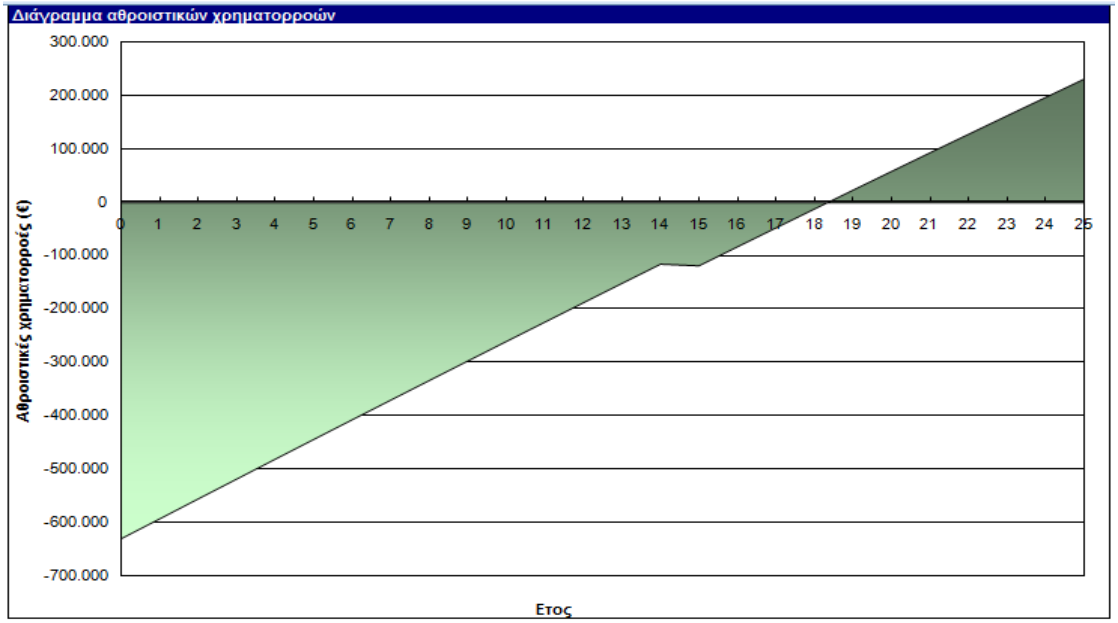
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 2,6%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 2,6%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 16,8 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -181.117 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -14.168 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0.71.

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	2,6%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	2,6%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	2,6%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	2,6%
Απλή αποπληρωμή	έτος	16,8
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	18,3
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-181.117
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	-14.168
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		0,71
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	467,79
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	106

Εικόνα 9-12: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-630.847	-630.847	-630.847
1	37.489	37.489	-593.358
2	37.396	37.396	-555.962
3	37.301	37.301	-518.662
4	37.202	37.202	-481.459
5	37.101	37.101	-444.358
6	36.997	36.997	-407.362
7	36.889	36.889	-370.472
8	36.779	36.779	-333.694
9	36.665	36.665	-297.029
10	36.547	36.547	-260.482
11	36.426	36.426	-224.056
12	36.302	36.302	-187.754
13	36.173	36.173	-151.581
14	36.041	36.041	-115.540
15	-3.044	-3.044	-118.584
16	35.765	35.765	-82.820
17	35.620	35.620	-47.199
18	35.472	35.472	-11.728
19	35.318	35.318	23.591
20	35.161	35.161	58.751
21	34.998	34.998	93.749
22	34.831	34.831	128.580
23	34.658	34.658	163.238
24	34.480	34.480	197.718
25	34.298	34.298	232.016

Εικόνα 9-13: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-14: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

Επιτόκιο αναγωγής στο 8%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 8%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **Χωρίς Τραπεζικό δάνειο**

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

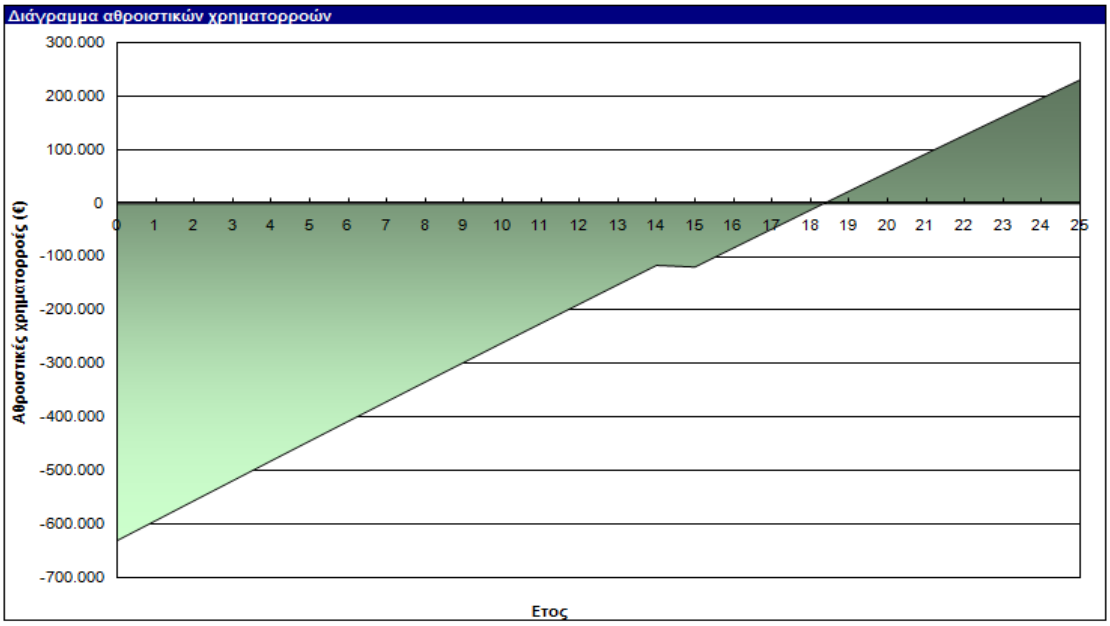
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 2,6%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 2,6%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 16,8 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -252.861 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -23.688 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,60.

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	2,6%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	2,6%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	2,6%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	2,6%
Απλή αποπληρωμή	έτος	16,8
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	18,3
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-252.861
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	-23.688
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		0,60
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	467,79
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	177

Εικόνα 9-15: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-630.847	-630.847	-630.847
1	37.489	37.489	-593.358
2	37.396	37.396	-555.962
3	37.301	37.301	-518.662
4	37.202	37.202	-481.459
5	37.101	37.101	-444.358
6	36.997	36.997	-407.362
7	36.889	36.889	-370.472
8	36.779	36.779	-333.694
9	36.665	36.665	-297.029
10	36.547	36.547	-260.482
11	36.426	36.426	-224.056
12	36.302	36.302	-187.754
13	36.173	36.173	-151.581
14	36.041	36.041	-115.540
15	-3.044	-3.044	-118.584
16	35.765	35.765	-82.820
17	35.620	35.620	-47.199
18	35.472	35.472	-11.728
19	35.318	35.318	23.591
20	35.161	35.161	58.751
21	34.998	34.998	93.749
22	34.831	34.831	128.580
23	34.658	34.658	163.238
24	34.480	34.480	197.718
25	34.298	34.298	232.016

Εικόνα 9-16: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-17: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

Επιτόκιο αναγωγής στο 10%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 10%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **Χωρίς Τραπεζικό δάνειο**

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

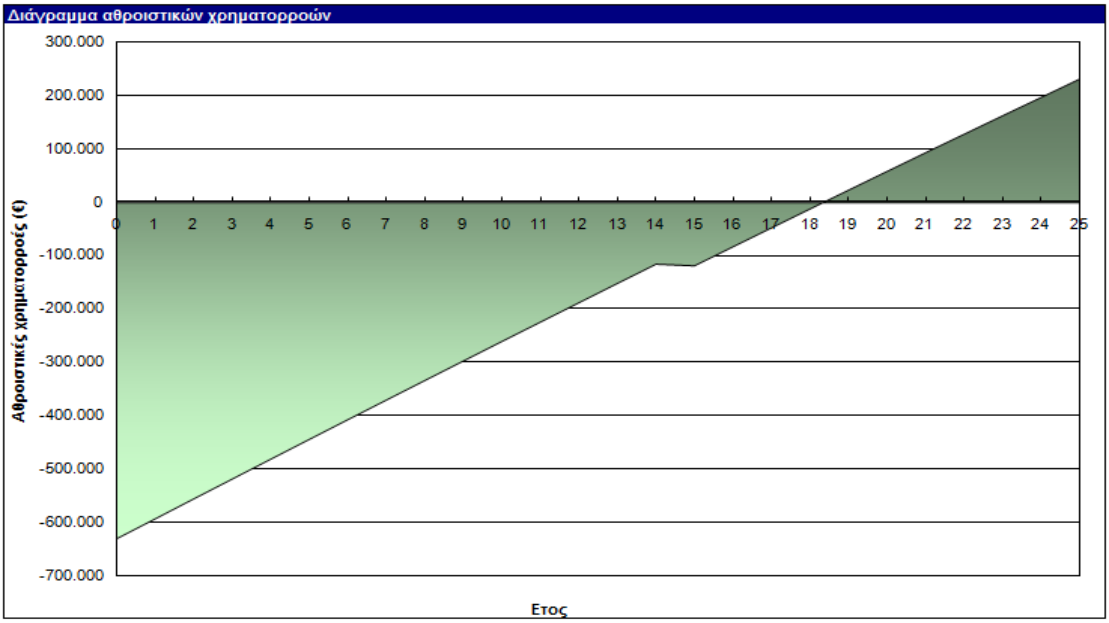
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 2,6%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 2,6%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 16,8 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -307.448 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -33.871 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,51.

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	2,6%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	2,6%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	2,6%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	2,6%
Απλή αποπληρωμή	έτος	16,8
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	18,3
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-307.448
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/έτος	-33.871
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		0,51
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	467,79
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	254

Εικόνα 9-18: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-630.847	-630.847	-630.847
1	37.489	37.489	-593.358
2	37.396	37.396	-555.962
3	37.301	37.301	-518.662
4	37.202	37.202	-481.459
5	37.101	37.101	-444.358
6	36.997	36.997	-407.362
7	36.889	36.889	-370.472
8	36.779	36.779	-333.694
9	36.665	36.665	-297.029
10	36.547	36.547	-260.482
11	36.426	36.426	-224.056
12	36.302	36.302	-187.754
13	36.173	36.173	-151.581
14	36.041	36.041	-115.540
15	-3.044	-3.044	-118.584
16	35.765	35.765	-82.820
17	35.620	35.620	-47.199
18	35.472	35.472	-11.728
19	35.318	35.318	23.591
20	35.161	35.161	58.751
21	34.998	34.998	93.749
22	34.831	34.831	128.580
23	34.658	34.658	163.238
24	34.480	34.480	197.718
25	34.298	34.298	232.016

Εικόνα 9-19: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-20: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

9.5.3 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 30% του συνολικού κόστους χωρίς επιδότηση

Επιτόκιο αναγωγής στο 6%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 6%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **30% Τραπεζικό δάνειο**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

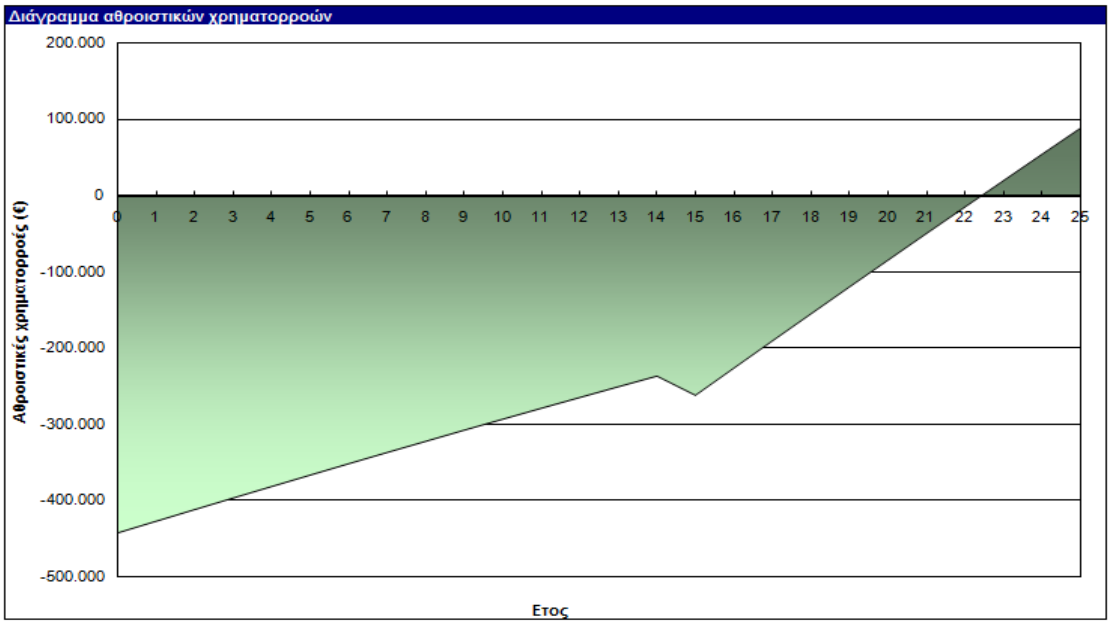
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 1,2%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 1,2%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 16,8 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -206.605 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -16.162 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,53.

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	1,2%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-1,1%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	1,2%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-1,1%
Απλή αποπληρωμή	έτος	16,8
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	22,4
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-206.605
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	-16.162
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		0,53
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		1,69
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	467,79
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	121

Εικόνα 9-21: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-441.593	-441.593	-441.593
1	15.378	15.378	-426.215
2	15.286	15.286	-410.929
3	15.190	15.190	-395.739
4	15.092	15.092	-380.647
5	14.991	14.991	-365.656
6	14.886	14.886	-350.770
7	14.779	14.779	-335.991
8	14.668	14.668	-321.323
9	14.554	14.554	-306.769
10	14.437	14.437	-292.333
11	14.316	14.316	-278.017
12	14.191	14.191	-263.826
13	14.063	14.063	-249.763
14	13.931	13.931	-235.833
15	-25.155	-25.155	-260.987
16	35.765	35.765	-225.223
17	35.620	35.620	-189.602
18	35.472	35.472	-154.131
19	35.318	35.318	-118.812
20	35.161	35.161	-83.652
21	34.998	34.998	-48.654
22	34.831	34.831	-13.823
23	34.658	34.658	20.835
24	34.480	34.480	55.315
25	34.298	34.298	89.613

Εικόνα 9-22: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-23: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

Επιτόκιο αναγωγής στο 8%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 8%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **30% Τραπεζικό δάνειο**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

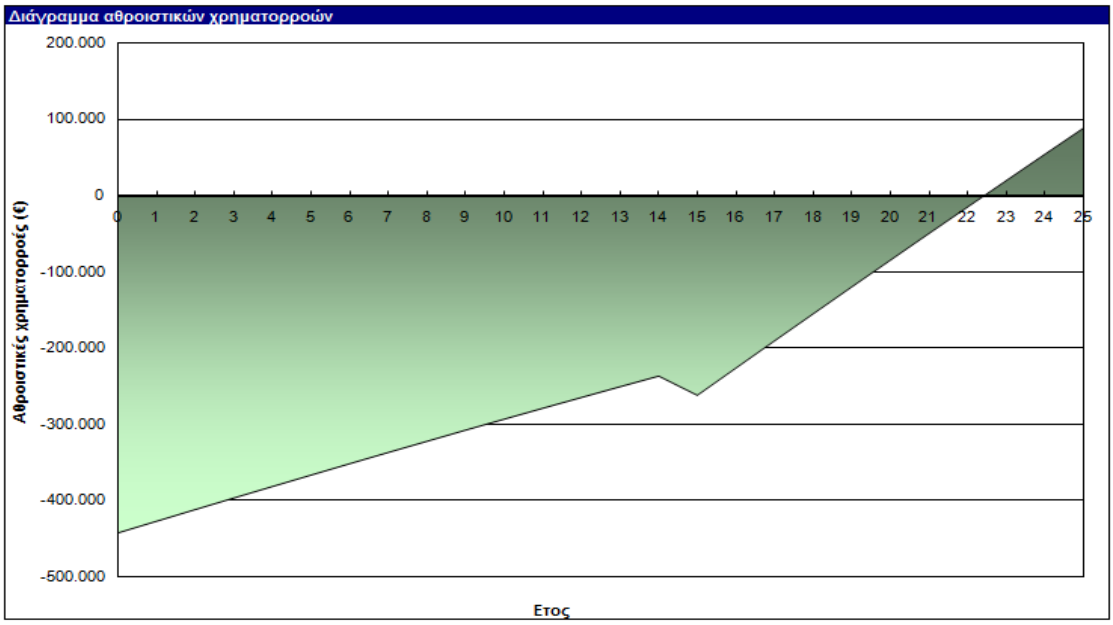
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 1,2%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 1,2%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 16,8 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -252.861 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -23.688 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,43.

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	1,2%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-1,1%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	1,2%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-1,1%
Απλή αποπληρωμή	έτος	16,8
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	22,4
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-252.861
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	-23.688
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		0,43
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		1,69
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	467,79
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	177

Εικόνα 9-24: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-441.593	-441.593	-441.593
1	15.378	15.378	-426.215
2	15.286	15.286	-410.929
3	15.190	15.190	-395.739
4	15.092	15.092	-380.647
5	14.991	14.991	-365.656
6	14.886	14.886	-350.770
7	14.779	14.779	-335.991
8	14.668	14.668	-321.323
9	14.554	14.554	-306.769
10	14.437	14.437	-292.333
11	14.316	14.316	-278.017
12	14.191	14.191	-263.826
13	14.063	14.063	-249.763
14	13.931	13.931	-235.833
15	-25.155	-25.155	-260.987
16	35.765	35.765	-225.223
17	35.620	35.620	-189.602
18	35.472	35.472	-154.131
19	35.318	35.318	-118.812
20	35.161	35.161	-83.652
21	34.998	34.998	-48.654
22	34.831	34.831	-13.823
23	34.658	34.658	20.835
24	34.480	34.480	55.315
25	34.298	34.298	89.613

Εικόνα 9-25: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-26: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

Επιτόκιο αναγωγής στο 10%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 10%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **30% Τραπεζικό δάνειο**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

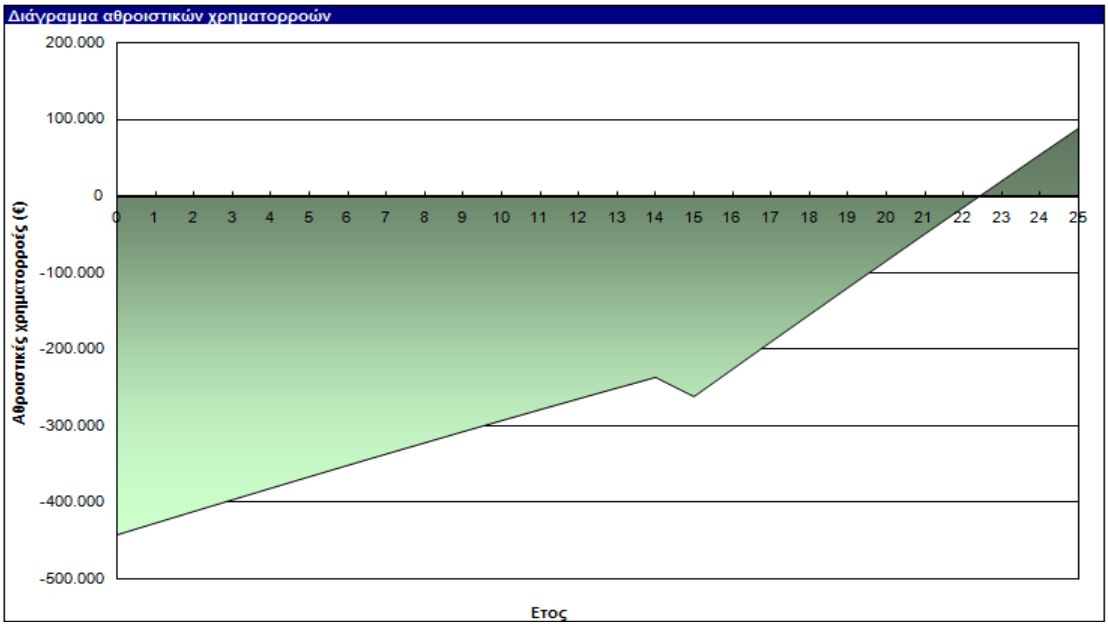
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 1,2%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 1,2%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 16,8 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -286.368 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -31.549 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,35.

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	1,2%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-1,1%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	1,2%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-1,1%
Απλή αποπληρωμή	έτος	16,8
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	22,4
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-286.368
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	-31.549
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		0,35
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		1,69
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	467,79
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	236

Εικόνα 9-27: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-441.593	-441.593	-441.593
1	15.378	15.378	-426.215
2	15.286	15.286	-410.929
3	15.190	15.190	-395.739
4	15.092	15.092	-380.647
5	14.991	14.991	-365.656
6	14.886	14.886	-350.770
7	14.779	14.779	-335.991
8	14.668	14.668	-321.323
9	14.554	14.554	-306.769
10	14.437	14.437	-292.333
11	14.316	14.316	-278.017
12	14.191	14.191	-263.826
13	14.063	14.063	-249.763
14	13.931	13.931	-235.833
15	-25.155	-25.155	-260.987
16	35.765	35.765	-225.223
17	35.620	35.620	-189.602
18	35.472	35.472	-154.131
19	35.318	35.318	-118.812
20	35.161	35.161	-83.652
21	34.998	34.998	-48.654
22	34.831	34.831	-13.823
23	34.658	34.658	20.835
24	34.480	34.480	55.315
25	34.298	34.298	89.613

Εικόνα 9-28: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-29: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

9.5.4 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 50% του συνολικού κόστους χωρίς επιδότηση

Επιτόκιο αναγωγής στο 6%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 6%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **50% Τραπεζικό δάνειο**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

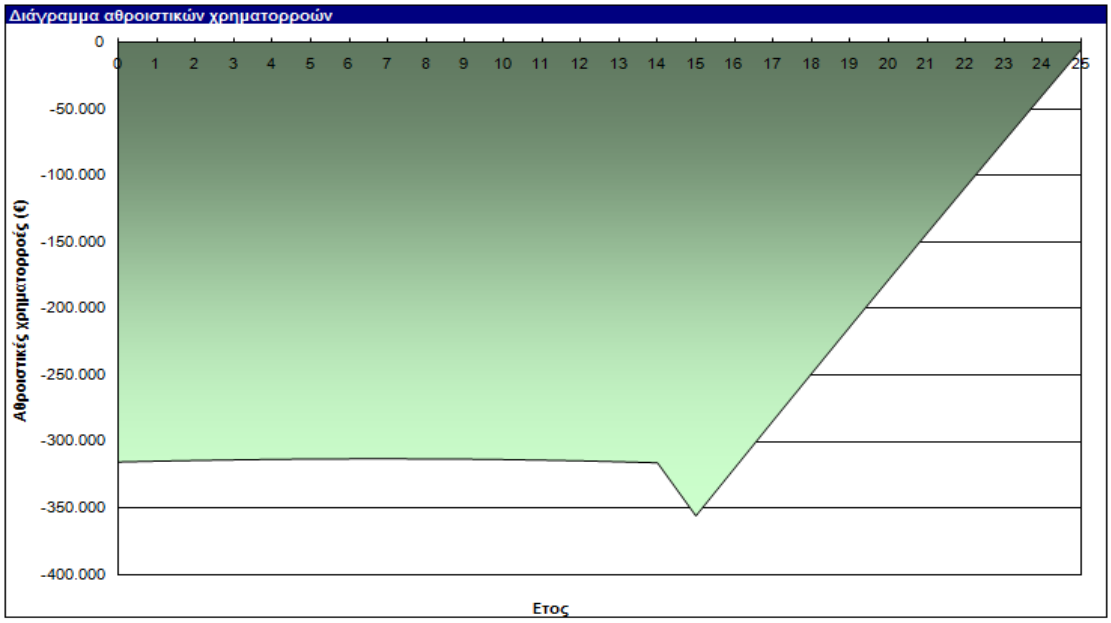
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο -0,1%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο -0,1%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 16,8 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -223.598 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -17.491 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,29.

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	-0,1%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-3,3%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	-0,1%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-3,3%
Απλή αποπληρωμή	έτος	16,8
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	> έργο
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-223.598
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	-17.491
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		0,29
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		-0,08
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	467,79
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	131

Εικόνα 9-30: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-315.424	-315.424	-315.424
1	638	638	-314.786
2	545	545	-314.240
3	450	450	-313.790
4	352	352	-313.439
5	250	250	-313.189
6	146	146	-313.043
7	38	38	-313.004
8	-72	-72	-313.077
9	-186	-186	-313.263
10	-304	-304	-313.566
11	-425	-425	-313.991
12	-549	-549	-314.540
13	-678	-678	-315.218
14	-810	-810	-316.028
15	-39.895	-39.895	-355.923
16	35.765	35.765	-320.158
17	35.620	35.620	-284.538
18	35.472	35.472	-249.066
19	35.318	35.318	-213.748
20	35.161	35.161	-178.587
21	34.998	34.998	-143.589
22	34.831	34.831	-108.759
23	34.658	34.658	-74.101
24	34.480	34.480	-39.620
25	34.298	34.298	-5.323

Εικόνα 9-31: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-32: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

Επιτόκιο αναγωγής στο 8%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 8%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **50% Τραπεζικό δάνειο**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

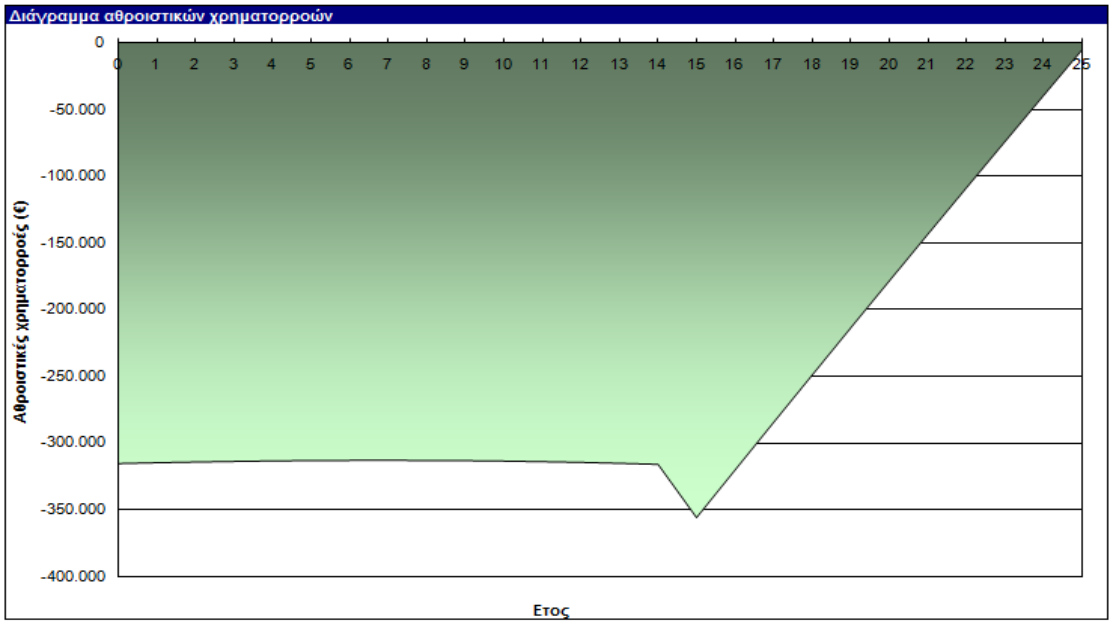
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο -0,1%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο -0,1%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 16,8 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -252.861 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -23.688 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,20.

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	-0,1%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-3,3%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	-0,1%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-3,3%
Απλή αποπληρωμή	έτος	16,8
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	> έργο
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-252.861
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	-23.688
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		0,20
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		-0,08
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	467,79
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	177

Εικόνα 9-33: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-315.424	-315.424	-315.424
1	638	638	-314.786
2	545	545	-314.240
3	450	450	-313.790
4	352	352	-313.439
5	250	250	-313.189
6	146	146	-313.043
7	38	38	-313.004
8	-72	-72	-313.077
9	-186	-186	-313.263
10	-304	-304	-313.566
11	-425	-425	-313.991
12	-549	-549	-314.540
13	-678	-678	-315.218
14	-810	-810	-316.028
15	-39.895	-39.895	-355.923
16	35.765	35.765	-320.158
17	35.620	35.620	-284.538
18	35.472	35.472	-249.066
19	35.318	35.318	-213.748
20	35.161	35.161	-178.587
21	34.998	34.998	-143.589
22	34.831	34.831	-108.759
23	34.658	34.658	-74.101
24	34.480	34.480	-39.620
25	34.298	34.298	-5.323

Εικόνα 9-34: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-35: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

Επιτόκιο αναγωγής στο 10%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 10%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **50% Τραπεζικό δάνειο**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

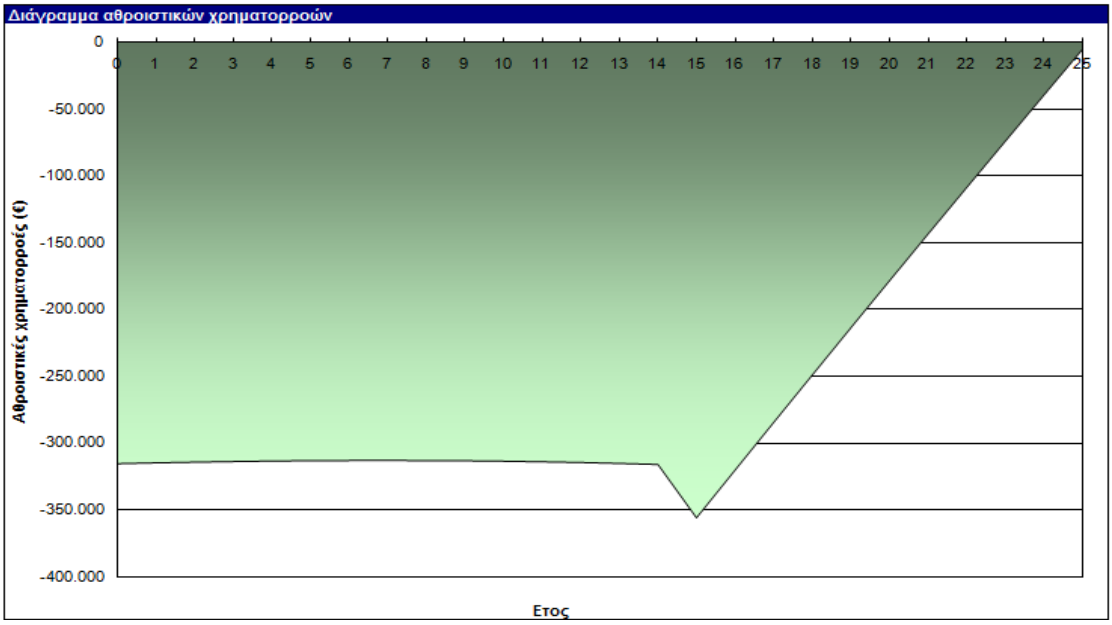
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο -0,1%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο -0,1%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 16,8 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -272.314 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -30.000 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,14.

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	-0,1%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-3,3%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	-0,1%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-3,3%
Απλή αποπληρωμή	έτος	16,8
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	> έργο
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-272.314
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	-30.000
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		0,14
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		-0,08
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	467,79
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	225

Εικόνα 9-36: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-315.424	-315.424	-315.424
1	638	638	-314.786
2	545	545	-314.240
3	450	450	-313.790
4	352	352	-313.439
5	250	250	-313.189
6	146	146	-313.043
7	38	38	-313.004
8	-72	-72	-313.077
9	-186	-186	-313.263
10	-304	-304	-313.566
11	-425	-425	-313.991
12	-549	-549	-314.540
13	-678	-678	-315.218
14	-810	-810	-316.028
15	-39.895	-39.895	-355.923
16	35.765	35.765	-320.158
17	35.620	35.620	-284.538
18	35.472	35.472	-249.066
19	35.318	35.318	-213.748
20	35.161	35.161	-178.587
21	34.998	34.998	-143.589
22	34.831	34.831	-108.759
23	34.658	34.658	-74.101
24	34.480	34.480	-39.620
25	34.298	34.298	-5.323

Εικόνα 9-37: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-38: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

9.5.5 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 70% του συνολικού κόστους χωρίς επιδότηση

Επιτόκιο αναγωγής στο 6%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 6%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **70% Τραπεζικό δάνειο**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

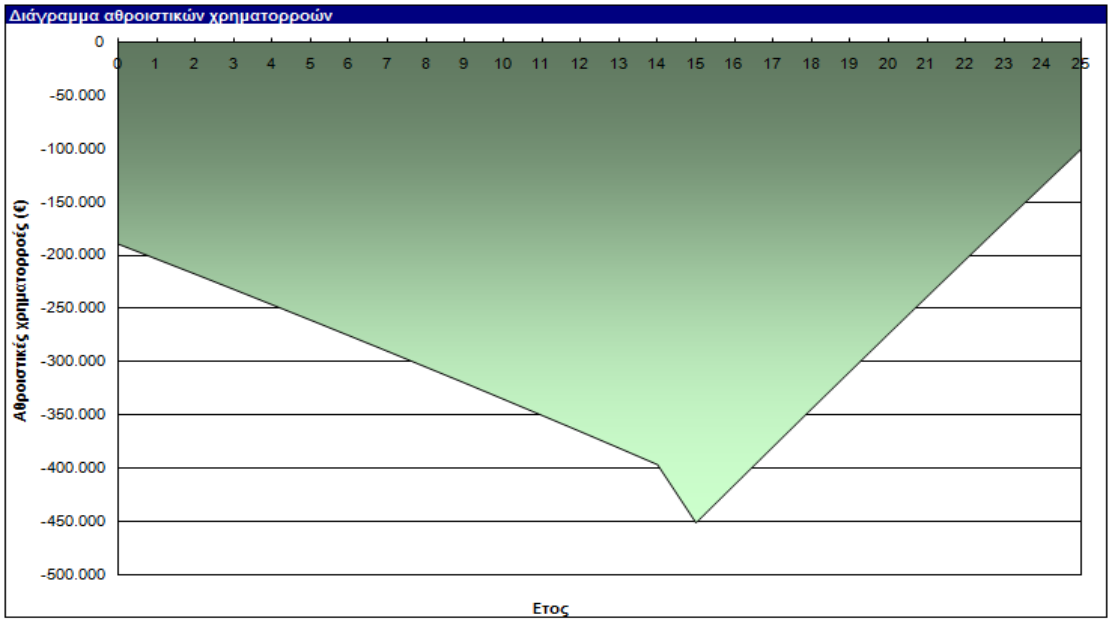
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο -1,7%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο -1,7%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 16,8 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -240.590 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -18.821 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο -0,27.

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	-1,7%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-5,3%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	-1,7%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-5,3%
Απλή αποπληρωμή	έτος	16,8
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	> έργο
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-240.590
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	-18.821
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		-0,27
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		-0,06
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	467,79
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	141

Εικόνα 9-39: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-189.254	-189.254	-189.254
1	-14.102	-14.102	-203.356
2	-14.195	-14.195	-217.551
3	-14.290	-14.290	-231.842
4	-14.389	-14.389	-246.231
5	-14.490	-14.490	-260.721
6	-14.594	-14.594	-275.315
7	-14.702	-14.702	-290.017
8	-14.813	-14.813	-304.830
9	-14.927	-14.927	-319.756
10	-15.044	-15.044	-334.800
11	-15.165	-15.165	-349.965
12	-15.290	-15.290	-365.255
13	-15.418	-15.418	-380.673
14	-15.550	-15.550	-396.223
15	-54.635	-54.635	-450.858
16	35.765	35.765	-415.093
17	35.620	35.620	-379.473
18	35.472	35.472	-344.001
19	35.318	35.318	-308.683
20	35.161	35.161	-273.523
21	34.998	34.998	-238.525
22	34.831	34.831	-203.694
23	34.658	34.658	-169.036
24	34.480	34.480	-134.555
25	34.298	34.298	-100.258

Εικόνα 9-40: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-41: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

Επιτόκιο αναγωγής στο 8%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 8%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **70% Τραπεζικό δάνειο**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

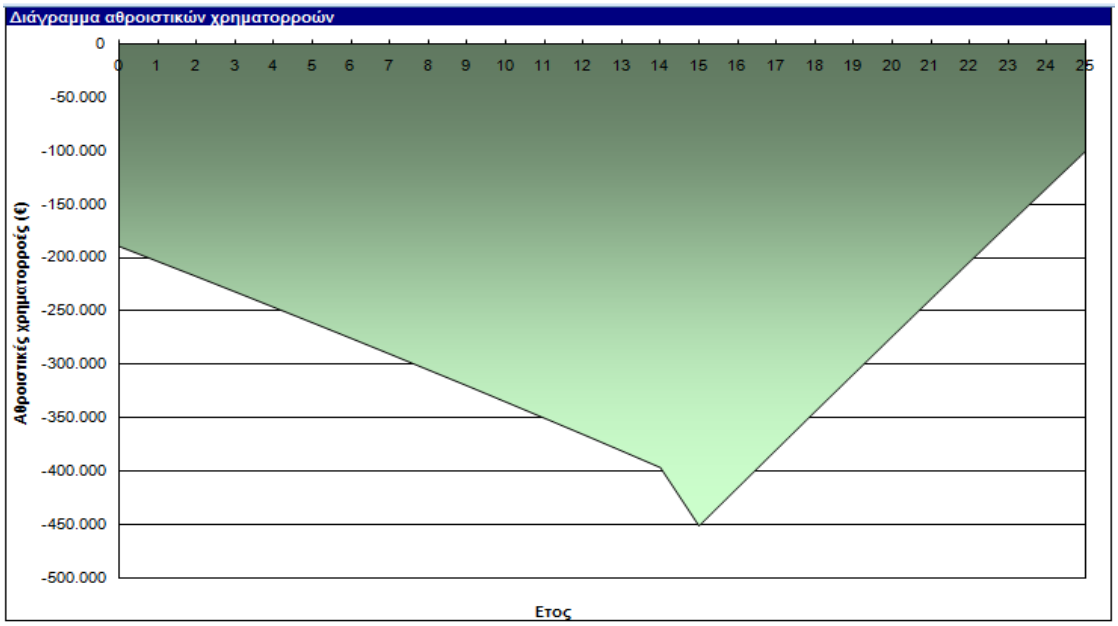
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο -1,7%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο -1,7%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 16,8 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -252.861 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -23.688 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο -0,34.

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	-1,7%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-5,3%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	-1,7%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-5,3%
Απλή αποπληρωμή	έτος	16,8
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	> έργο
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-252.861
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	-23.688
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		-0,34
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		-0,06
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	467,79
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	177

Εικόνα 9-42: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-189.254	-189.254	-189.254
1	-14.102	-14.102	-203.356
2	-14.195	-14.195	-217.551
3	-14.290	-14.290	-231.842
4	-14.389	-14.389	-246.231
5	-14.490	-14.490	-260.721
6	-14.594	-14.594	-275.315
7	-14.702	-14.702	-290.017
8	-14.813	-14.813	-304.830
9	-14.927	-14.927	-319.756
10	-15.044	-15.044	-334.800
11	-15.165	-15.165	-349.965
12	-15.290	-15.290	-365.255
13	-15.418	-15.418	-380.673
14	-15.550	-15.550	-396.223
15	-54.635	-54.635	-450.858
16	35.765	35.765	-415.093
17	35.620	35.620	-379.473
18	35.472	35.472	-344.001
19	35.318	35.318	-308.683
20	35.161	35.161	-273.523
21	34.998	34.998	-238.525
22	34.831	34.831	-203.694
23	34.658	34.658	-169.036
24	34.480	34.480	-134.555
25	34.298	34.298	-100.258

Εικόνα 9-43: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-44: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

Επιτόκιο αναγωγής στο 10%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 10%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **70% Τραπεζικό δάνειο**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - **περίοδος χρέους 15 έτη**

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

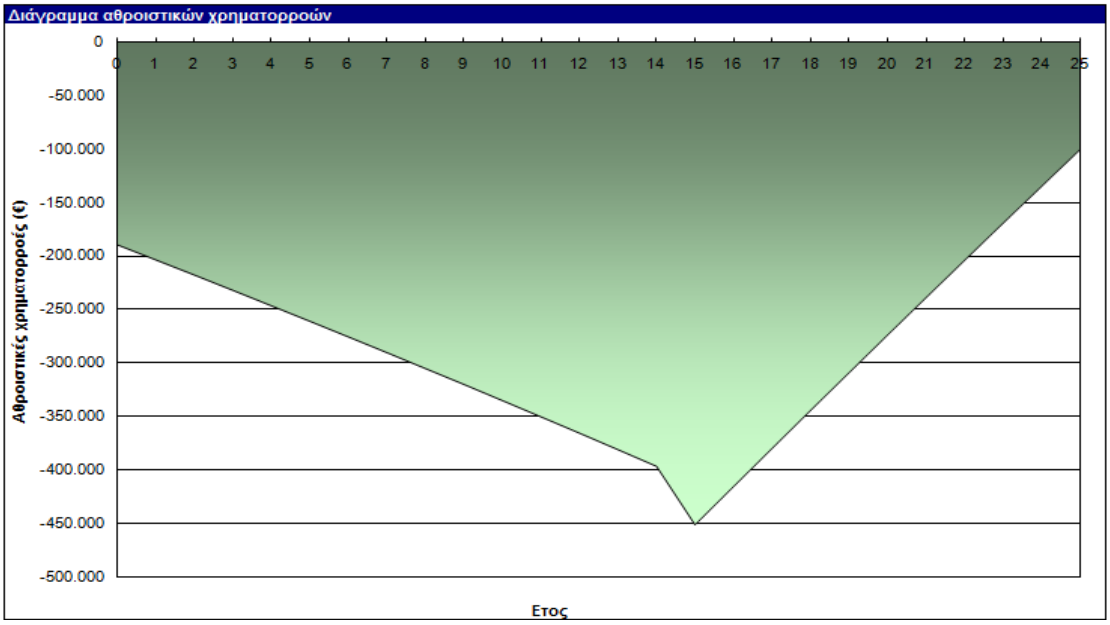
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο -1,7%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο -1,7%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 16,8 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -258.261 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -28.452 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο -0,36.

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	-1,7%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-5,3%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	-1,7%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-5,3%
Απλή αποπληρωμή	έτος	16,8
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	> έργο
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-258.261
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	-28.452
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		-0,36
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		-0,06
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	467,79
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	213

Εικόνα 9-45: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-189.254	-189.254	-189.254
1	-14.102	-14.102	-203.356
2	-14.195	-14.195	-217.551
3	-14.290	-14.290	-231.842
4	-14.389	-14.389	-246.231
5	-14.490	-14.490	-260.721
6	-14.594	-14.594	-275.315
7	-14.702	-14.702	-290.017
8	-14.813	-14.813	-304.830
9	-14.927	-14.927	-319.756
10	-15.044	-15.044	-334.800
11	-15.165	-15.165	-349.965
12	-15.290	-15.290	-365.255
13	-15.418	-15.418	-380.673
14	-15.550	-15.550	-396.223
15	-54.635	-54.635	-450.858
16	35.765	35.765	-415.093
17	35.620	35.620	-379.473
18	35.472	35.472	-344.001
19	35.318	35.318	-308.683
20	35.161	35.161	-273.523
21	34.998	34.998	-238.525
22	34.831	34.831	-203.694
23	34.658	34.658	-169.036
24	34.480	34.480	-134.555
25	34.298	34.298	-100.258

Εικόνα 9-46: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-47: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

9.6 Συμπεράσματα – Συγκεντρωτικός πίνακας

Δεικτες οικονομικης βιωσημότητας	ΟΧΙ Δάνειο – ΟΧΙ Επιδότηση			30% Δάνειο – ΟΧΙ Επιδότηση			50% Δάνειο – ΟΧΙ Επιδότηση			70% Δάνειο – ΟΧΙ Επιδότηση		
Επιτόκιο αναγωγής	6,00%	8,00%	10,00%	6,00%	8,00%	10,00%	6,00%	8,00%	10,00%	6,00%	8,00%	10,00 %
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης IIR (%)	2,6%	2,6%	2,6%	1,2%	1,2%	1,2%	-0,1%	-0,1%	-0,1%	-1,70%	-1,70%	-1,70 %
Καθαρή παρούσα αξία (NPV) (Χιλιάδες €)	-181,11	-252,86	-307,44	-206,05	-252,86	-286,36	-223,59	-252,86	-272,31	-240,59	-252,86	-258,26

Πίνακας 9-1

Στην παρών κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε μια μελέτη εγκατάστασης και λειτουργίας ενός φωτοβολταϊκού πάρκου ισχύος 80kW με διαξονική βάση, στην περιοχή της Μαλάξας, στο νομό Χανίων. Σκοπός ήταν καταρχήν η καταγραφή του κόστους μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης του συγκεκριμένου τύπου με βάση τα τωρινά δεδομένα, ενώ στη συνέχεια η παρακολούθηση της λειτουργίας της εγκατάστασης αυτής και η καταγραφή παρατηρήσεων.

Επίσης, στόχος ήταν να γίνει μια αξιολόγηση της επένδυσης, μέσω της εκτίμησης της οικονομικής βιωσιμότητας του έργου, καθώς και του οικολογικού «κέρδους» που προσφέρει με τη βοήθεια του λογισμικού RETScreen.

Απο τον παραπάνω πίνακα είναι εμφανές οτι όλες οι περιπτώσεις είχαν αρνητικά ποσά ΚΠΑ, αν και τα λιγότερο ζημιογόνα σενάρια παρατηρήθηκαν με επιτόκιο αναγωγής 6%, ακολουθούμενα απο αυτά με επιτόκιο αναγωγής 8% και στο τέλος η περίπτωση επιτοκίου 10%.

Το βασικό συμπέρασμα που εξάγεται είναι ότι το έργο είναι **μη βιώσιμο** σε όλες τις επιμέρους περιπτώσεις που ελήφθησαν, υπό την προϋπόθεση ότι δεν θα αλλάξουν τα φορολογικά δεδομένα, καθώς και η τιμή αποζημίωσης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (214,19€/MWh). Συγκεκριμένα, στο συγκεκριμένο έργο από την έναρξη λειτουργίας του, βάσει του Νόμου 4093/2012 έχει επιβληθεί έκτακτη εισφορά για δύο χρόνια ύψους 30% υπέρ του ΛΑΓΗΕ, η οποία όμως δεν έχει συμπεριληφθεί στη μελέτη λόγω του περιορισμένου χρονικού ορίζοντά της, καθώς και του γεγονότος ότι είναι δεν είναι δυνατόν να μοντελοποιηθεί στο RETScreen. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι το 60%-70% του κόστους εγκατάστασης, το κέρδος από τόκους δανείων, καθώς και το κέρδος από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας δίνεται σε ελληνικές επιχειρήσεις.

Η απόσβεση της επένδυσης όπως φαίνεται από το διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών του RETScreen δεν επιτυγχάνεται στις περισσότερες περιπτώσεις, παρα μόνο στα σενάρια καθόλου ή χαμηλής χρηματοδότησης παρτηρήθηκε αρκετά καθυστερημένη απόσβεση, περίπου στο 18ο έτος.

Για την εξαγωγή του συμπεράσματος αυτού θεωρήθηκαν τα χειρότερα σενάρια όσον αφορά τη συντήρηση και την πιθανή αντικατάσταση κάποιων εξαρτημάτων, ενώ σαν ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θεωρήθηκε μια μέση τιμή των ετήσιων παραγωγών αντίστοιχων φωτοβολταϊκών πάρκων ίδιου τύπου στην περιοχή.

Επίσης, με βάση τα αποτελέσματα του RETScreen, υπάρχει εξοικονόμηση 97,1 τόνων αερίων του θερμοκηπίου σε ετήσια βάση από το συγκεκριμένο πάρκο, κάτι που κρίνεται ως αρκετά σημαντική προσφορά για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις είναι ένας από τους πλέον ώριμους κλάδους των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η συνεχής βελτίωση των μεθόδων παραγωγής, η πτώση της τιμής των υλικών κατασκευής με την πάροδο των χρόνων και η μεγάλη ηλιοφάνεια που χαρακτηρίζει τον ελληνικό χώρο θα μπορούσε να κάνει τον τομέα των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων άκρως ανταγωνιστικό, ακόμα και σε μεγαλύτερης κλίμακας εγκαταστάσεις. Επίσης, η πιθανή λύση στο πρόβλημα της αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας από τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα ενδυνάμωνε ακόμη περισσότερο το συγκεκριμένο κλάδο.

9B Φωτοβολταικό πάρκο 5 MW

Βήματα του λογισμικού RETSCREEN:

9.1 Εκκίνηση

Αρχικά ζητείται από το χρήστη να συμπηρώσει κάποια στοιχεία σχετικά με την εξεταζόμενη εφαρμογή. Συγκεκριμένα ζητούνται:

- Πληροφορίες σχετικά με το έργο:
    - ονομασία και η τοποθεσία του έργου: 5 MW / **Κρήτη**
    - ο τύπος του έργου: **Παραγωγή ηλεκτρισμού**
    - η τεχνολογία: **Φωτοβολταικό**
    - ο τύπος του δικτύου: **Κεντρικό δίκτυο**
    - ο τύπος ανάλυσης: **Μεθοδος 2**
    - θερμογόνος ικανότητα αναφορας: **Κατώτερη θερμογόνος Ικανότητα (ΚΘΙ)**
    - και άλλες πληροφορίες όπως το νόμισμα, η γλώσσα και οι μονάδες μέτρησης.
- Πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας:

  Θέση κλιματολογικών δεδομένων: **Souda Bay Crete**

Για το φωτοβολταϊκό πάρκο των 5 MW θα επιλέξουμε μη διασυνδεδεμένο δίκτυο αφού θα τοποθετηθεί στην Μαλάξα Χανίων. Αφορά δηλαδή μια εφαρμογή στην περιοχή της Κρήτης που θα πρέπει να λειτουργεί ανεξάρτητα απο το διασυνδεδεμένο δίκτυο της Ελλάδας (όπως συμβαίνει και σε εφαρμογές των νησιών του Αιγαίου εκτός της Εύβοιας).

Ακολουθεί ακριβής απεικόνιση του φύλου της εκκίνησης του προγράμματος RETScreen:

	Μονάδα	Θέση κλιματολογικών δεδομένων	Τοποθεσία έργου
Γεωγραφικό πλάτος	°B	35.5	35.5
Γεωγραφικό μήκος	°A	24.2	24.2
Υψόμετρο	m	146	146
Θερμοκρασία θέρμανσης βάσει σχεδιασμού	°C	5.8	
Θερμοκρασία ψύξης βάσει σχεδιασμού	°C	33.1	
Πλάτος (διακύμανση) θερμοκρασίας εδάφους	°C	9.3	

Μήνας	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία - Οριζόντια	Ατμοσφαιρική πίεση	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία εδάφους	Βαθμό-ημέρες θέρμανσης	Βαθμο-ημέρες ψύξης
	°C	%	kWh/m²/ημ	kPa	m/Δευτερόλεπτ	°C	°C-ημ	°C-ημ
Ιανουάριος	11.0	77.3%	2.31	101.2	3.2	15.1	217	31
Φεβρουάριος	10.8	76.4%	3.20	101.1	3.3	14.9	202	22
Μάρτιος	12.6	74.4%	4.57	101.0	3.6	15.9	167	81
Απρίλιος	15.7	70.5%	6.30	100.8	3.7	17.9	69	171
Μαίος	20.1	64.4%	7.45	100.8	3.3	21.2	0	313
Ιούνιος	24.6	57.2%	8.45	100.7	3.2	24.7	0	438
Ιούλιος	26.6	57.9%	8.41	100.5	2.9	26.8	0	515
Αύγουστος	26.1	59.8%	7.58	100.5	3.0	27.3	0	499
Σεπτέμβριος	23.3	65.9%	6.14	100.8	2.9	25.8	0	399
Οκτώβριος	19.9	71.8%	4.28	101.1	2.8	22.8	0	307
Νοέμβριος	15.6	75.8%	2.65	101.1	2.8	19.3	72	168
Δεκέμβριος	12.1	78.7%	2.05	101.2	3.2	16.4	183	65
Ετήσιο	18.2	69.1%	5.29	100.9	3.2	20.7	910	3,009
Μετρημένο σε m					10.0	0.0		

Συμπληρώστε το φύλλο Ενεργειακό Μοντέλο

RETScreen4 2013-08-27 © Minister of Natural Resources Canada 1997-2013. NRCan/CanmetENERGY

Εικόνα 9-48

9.2 Ενεργειακό μοντέλο

Στην δεύτερη ενότητα περιγράφεται το ενεργειακό μοντέλο και ο τρόπος συμπλήρωσής του, σχετικά με την Αξιολόγηση πηγών, τις πληροφορίες σχετικά με το φωτοβολταικό που θα χρησιμοποιηθεί, το μετατροπέα, και τέλος ακολουθούν συμπερασματικά αποτελέσματα σχετικά με το συντελεστή ισχύος και την παραγώμενη ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο.

- **Αξιολόγηση πηγών**

Όσον αφορά την λειτουργία παρακολούθησης του ήλιου, αυτό είναι το πεδίο που θα διαφοροποιηθεί κατα τη μελέτη διαφορετικών σεναρίων.

Για το βασικό σενάριο έχουμε:

- Λειτουργία παρακολούθησης του ήλιου: Διαξονικό ή Σταθεροποιημένο
- Κλίση: 30°(Αν και το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής είναι 35°, και τα πάνελ

  θα έπρεπε να τοποθετηθούν σε κλίση ίση με αυτή του γεωγραφικού πλάτους,, λόγω της τυποποίησης των σιδερένιων στηριγμάτων τοποθετήθηκαν στις 30° σε νότιο προσανατολισμό.
- Αζιμούθιο: 0°

Από πρώτη Φεβρουαρίου 2013 ισχύουν οι νέες εγγυημένες τιμές αγοράς της κιλοβατώρας από τη ΔΕΗ και συγκεκριμένα για το μη διασυνδεδεμένο σύστημα της Κρήτης η τιμή είναι 214,88 €/Mwh.

Αξιολόγηση πηγών

Λειτουργία παρακολούθησης του ήλιου		Διαξονικό
Κλίση	°	30,0
Αζιμούθιο	°	0,0

☑ Δείξε δεδομένα

Μήνας	Ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία - Οριζόντια kWh/m²/ημ	Ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία - kWh/m²/ημ	Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού €/MWh	Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο MWh
Ιανουάριος	2,31	4,18	214,9	9,001
Φεβρουάριος	3,20	5,07	214,9	9,829
Μάρτιος	4,57	6,72	214,9	14,213
Απρίλιος	6,30	8,53	214,9	17,093
Μαίος	7,45	10,23	214,9	20,710
Ιούνιος	8,45	11,62	214,9	22,170
Ιούλιος	8,41	11,79	214,9	22,997
Αύγουστος	7,58	11,25	214,9	22,017
Σεπτέμβριος	6,14	9,31	214,9	17,935
Οκτώβριος	4,28	7,37	214,9	15,026
Νοέμβριος	2,65	4,75	214,9	9,677
Δεκέμβριος	2,05	3,84	214,9	8,247
Ετήσιο	**5,29**	**7,90**	**214,90**	**188,915**

Ετήσια ηλιακή ακτινοβολία - οριζόντιο επίπεδο	MWh/m²	1,93
Ετήσια ηλιακή ακτινοβολία - επικλινές επίπεδο	MWh/m²	2,89

Εικόνα 9-49

- **Φωτοβολταϊκό**

Όσον αφορά το τεχνικό κομμάτι της μελέτης επιλέξαμε 21280 μονάδες με χωρητικότητα ανά μονάδα 235W ώστε η συνολική Ηλεκτρική ισχύς να είναι 5 MW.

Η επιλογή μας είναι η κατασκευάστρια εταιρία Sharp με τα εξής χαρακτηριστικά:

- Τύπος: Πολυ-Si

  Μοντέλο: Πολυ-Si - ND-Q235F4

  Βαθμός απόδοσης: 14,4%

  Λοιπές απώλειες: 5%

- **Μετατροπέας (inverter)**
  - Βαθμός απόδοσης: 93%
  - Ισχύς: 90%
  - Λοιπές απώλειες: 0%
- **Περίληψη**
  - Συντελεστής Χρησιμοποίησης: 19.6%
  - Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο: 8.573,4 MWh

Φωτοβολταϊκό			
Τύπος		Πολυ-Si	
Ηλεκτρική ισχύς	kW	5.000,80	
Κατασκευαστής		Sharp	
Μοντέλο		Πολυ-Si - ND-Q235F4	21280 μονάδα(-ες)
Βαθμός απόδοσης	%	14,4%	
Ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας κελλίου	°C	45	
Συντελεστής θερμοκρασίας	% / °C	0,40%	
Επιφάνεια ηλιακού συλλέκτη	m²	34.680	
Λοιπές απώλειες	%	5,0%	
Μετατροπέας (inverter)			
Βαθμός απόδοσης	%	93,0%	
Ισχύς	kW	90,0	
Λοιπές απώλειες	%	0,0%	
Περίληψη			
Συντελεστής ισχύος	%	19,6%	
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	8.573,4	

Εικόνα 9-50

9.3 Ανάλυση Κόστους

Για την πραγματοποίηση ή όχι ενός έργου απαιτείται μια οικονομική ανάλυση της επιθυμητής επένδυσης, βάση συγκεκριμένων πεδίων που εξετάζονται στο τρίτο φύλλο εργασίας του προγράμματος RETScreen 4. Αυτά είναι:

(a) Αρχικό κόστος:

(1) Μελέτη σκοπιμότητας

(2) Ανάπτυξη του έργου

(3) Μηχανολογικά

(4) Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

(5) Ισοζύγιο του συστήματος & διάφορα έξοδα

(b) Ετήσια κόστη

(c) Περιοδικά κόστη

Αναλυτικά:

(a) Αρχικό κόστος:

Η ενότητα με τα αρχικά κόστη του έργου αποτελείται από πέντε υποενότητες:

(1) Μελέτη Σκοπιμότητας

Στην πρώτη υποενότητα συμπληρώνονται τα αρχικά κόστη της επένδυσης. Τα κόστη αυτά περιλαμβάνουν μελέτη της τοποθεσίας εγκατάστασης, του βασικού σχεδιασμού, της ετοιμασίας αναφορών σχετικά με το έργο και τις διάφορες μετακινήσεις των υπευθύνων

για διαπραγματεύσεις. Απαραίτητη είναι η αξιολόγηση των φυσικών πόρων και η εγκατάσταση μετεωρολογικών σταθμών στην περιοχή πραγματοποίησης του έργου, ετσι ώστε να έχουμε ακριβείς μετρήσεις. Αυτή η εγκατάσταση αποτελεί και το μεγαλύτερο μέρος των εξόδων που αφορούν τη μελέτη σκοπιμότητας.
Στο τέλος της υποενότητας υπολογίζεται το συνολικό κόστος των διαδικασιών.

Για το συγκεκριμένο έργο το υπολογιζόμενο κόστος της μελέτης σκοπιμότητας, ανέρχεται στο ποσό των 6.500 €.

(2) Ανάπτυξη

Στη δεύτερη υποενότητα διαδικασιών, περιλαμβάνονται οι διαδικασίες ανάπτυξης του έργου. Συγκεκριμένα, στην κατηγορία αυτή έχουμε τα κόστη από αδειοδοτήσεις και εγκρίσεις αιτήσεων, τη συνολική διαχείριση του έργου και πιθανές μετακινήσεις των υπευθύνων για τη διεκπεραίωση τέτοιων διαδικασιών.

Για την παρούσα μελέτη ο προυπολογισμός για την ανάπτυξη του έργου ανέρχεται στο ποσό των 10.000 €.

(3) Μηχανολογικά

Η τρίτη υποενότητα διαδικασιών περιλαμβάνει τα κόστη κατασκευής του έργου.
Τα κόστη αυτά αφορούν:

- το σχεδιασμό του φ/β συστήματος,
- το σχεδιασμό της συνολικής υποδομής του συστήματος,
- την υποδομή των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων,
- τα κόστη διεκπεραίωσης γραφειοκρατικών δραστηριοτήτων και συμβολαίων και την
- επίβλεψη του έργου.

Η απαραίτητη επίβλεψη του μηχανικού καθ'όλη τη διάρκεια του έργου μαζί με τον αναγκαίο ηλεκτρολογικό, μηχανολογικό και οικοδομικό σχεδιασμό, την προκήρυξη διαγωνισμών και την υπογραφή συμβάσεων, επιβαρύνουν το κόστος της επένδυσης κατά 60.000 €.

(4) Σύστημα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας

Στην τέταρτη υποενότητα διαδικασιών, λαμβάνονται υπόψη τα έξοδα που οφείλονται στην απόκτηση του απαραίτητου φ/β εξοπλισμού για την ολοκλήρωση του έργου.
Τέτοια έξοδα αποτελούν η απόκτηση των ίδιων των φ/β πλαισίων,
τα έργα οδοποιίας που είναι απαραίτητο να γίνουν, το κόστος της γραμμής μεταφοράς ηλεκτρισμού του πάρκου, τα έξοδα για τη δημιουργία του κατάλληλου υποσταθμού καθώς και τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης.

Συγκεκριμένα:

- αγορά φ/β πλαισίων (5 MW * 4.500 €/KW) = 22.503.000 €
- εγκατάσταση φ/β πλαισίων (10% του κόστους τους) = 2.000.000 €
- έργο οδοποιίας 7 km (10.000 €)
- 19 MECHATRON SOLAR TRACKER D180-BASIC SOLUTION για τις 21280

μονάδες φωτοβολταϊκών πάνελ. (20.000 € κάθε tracker, 10% οικονομικότεροι σε σχέση με το έργο των 80 KW, λόγω οικονομίας κλίμακας)

Οπότε το συνολικό κόστος ανέρχεται στο ποσό των 24.573.600 €.

(5) Ισοζύγιο του συστήματος & Διάφορα έξοδα

Στην πέμπτη υποενότητα προβλέπεται η συμπλήρωση διάφορων εξόδων που δεν εμπίπτουν σε καμία από τις παραπάνω τέσσερις διαδικασίες, καθώς και τυχόν αποκλίσεις από τις εκτιμήσεις των εξόδων που περιγράφηκαν πριν, ως ποσοστό του συνολικού κόστους όλων αυτών των δραστηριοτήτων.

Το κόστος των ανταλλακτικών υπολογίζεται στο 3% του συνολικού ποσού που προορίζεται για τα φωτοβολταικά.

Η μεταφορά των πλαισίων κοστολογείται ανάλογα με τον προορισμό τους. Συγκεκριμένα για την κρήτη το κόστος αυτό ανέρχεται στο ποσό των 1000 €.

Προβλέπεται και ένα επιπλέον 10% επι του συνολικού κόστους αυτής της υποενότητας για τυχόν έκτακτα εξόδα που αφορούν τις δραστηριότητες αυτές.

Τέλος μπορούμε να προσθέσουμε κάποιους 6μηνιαίους τόκους κατα την κατακευή.

Για κατασκευές μεγάλης διάρκειας είναι απαραίτητο να λαμβάνεται υπόψην και η μεταβολή της αξίας του χρήματος, κάτι που δεν θα μας απασχολήσει στην συγκεκριμένη επένδυση αφού το πάρκο θα έχει ολοκληρωθεί σε διάστημα μισού έτους.

Αθροίζοντας τα συνολικά κόστη των πέντε υποενοτήτων, προκύπτει το συνολικό αρχικό κόστος του έργου, το οποίο ανέρχεται στο ποσότων **27.115.539€.**

Αρχικό κόστος (πιστώσεις)	Μονάδα	Ποσότητα	Μονάδα κόστους	Ποσό	Σχετικό κόστος
Μελέτη σκοπιμότητας					
Μελέτη σκοπιμότητας	κόστος	1	€ 6.500	€ 6.500	
Υπο-σύνολο:				**€ 6.500**	0,0%
Ανάπτυξη					
Ανάπτυξη	κόστος	1	€ 10.000	€ 10.000	
Υπο-σύνολο:				**€ 10.000**	0,0%
Μηχανολογικά					
Μηχανολογικά	κόστος	1	€ 60.000	€ 60.000	
Υπο-σύνολο:				**€ 60.000**	0,2%
Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας					
Φωτοβολταϊκό	kW	5.000,80	€ 4.500	€ 22.503.600	
Εργα οδοποιίας	km	7	€ 10.000	€ 70.000	
Γραμμή μεταφοράς ηλεκτρισμού	km			€ -	
Υποσταθμός	έργο			€ -	
Μέτρα ενεργειακής απόδοσης	έργο			€ -	
Εγκατάσταση Φ/Β	κόστος	1	€ 2.000.000	€ 2.000.000	
				€ -	
Υπο-σύνολο:				**€ 24.573.600**	90,6%
Ισοζύγιο συστήματος & διάφορα					
Ανταλλακτικά	%			€ -	
Μεταφορά	έργο		€ 1.000	€ -	
Εκπαίδευση & θέση σε λειτουργία	ανά ημέρα	6	€ 65	€ 390	
Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος			€ -	
Απρόβλεπτα	%	10,0%	€ 24.650.490	€ 2.465.049	
Τόκος κατά την κατασκευή		6 μήνας(ες)	€ 27.115.539	€ -	
Υπο-σύνολο:				**€ 2.465.439**	9,1%
Συνολικά αρχικά κόστη				**€ 27.115.539**	100,0%

Εικόνα 9-51

(b) Ετήσια κόστη:

Στην ενότητα αυτή περιγράφονται τα ετήσια κόστη (κέρδη) που προκύπτουν από την εφαρμογή του έργου.

Εδώ συμπεριλαμβάνονται <u>έργα συντήρησης</u> του φ/β πάρκου και των γραμμών μεταφοράς. Συγκεκριμένα το ποσό των 3000 ευρω είναι αρκετό για να καλύψει τα συγκεκριμένα έξοδα.

(c) Περιοδικά κόστη:

Στην ενότητα αυτή, υπολογίζονται τα περιοδικά κόστη του έργου. Τέτοια έξοδα αναφέρονται κυρίως στην περιοδική αντικατάσταση των μπαταριών αλλά κυρίως αντικατάσταση του μετατροπέα κάθε 15 χρόνια λόγω φθοράς, αξίας 25.000 ευρώ. Η αντικατάστασή του δεν πρέπει να θεωρείται δεδομένη, καθώς μπορεί μέχρι το τέλος ζωής του έργου να μην αντιμετωπίσει κανένα πρόβλημα! Αξίζει να αναφερθεί και η πιθανή αντικατάσταση εξαρτημάτων κάθε του tracker με κόστος 1.100 € κάθε 5 χρόνια.

Ετήσια κόστη (πιστώσεις)	Μονάδα	Ποσότητα	Μονάδα κόστους	Ποσό
Λειτουργία & Συντήρηση				
Τμήματα & Εργασία	έργο	12	€ 250	€ 3.000
Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος			€ -
Απρόβλεπτα	%		€ 3.000	€ -
Υπο-σύνολο:				**€ 3.000**

Περιοδικά κόστη (πιστώσεις)	Μονάδα	Ετος	Μονάδα κόστους	Ποσό
Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος	15	€ 25.000	€ 25.000
		5	€ 19.000	€ 19.000
Τέλος διάρκειας ζωής έργου	κόστος			€ -

Εικόνα 9-52

9.4 Ανάλυση Εκπομπών

Βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού (Σενάριο Αναφοράς)

Τύπος Καυσίμου	Μίγμα καυσίμου %	Συντελεστής εκπομπής CO2 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής CH4 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής N2O kg/GJ	Βαθμός απόδοσης παραγωγής ηλεκτρισμού %	Απώλειες Μ&Δ %	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ tn CO2/MWh
Πετρέλαιο (#6)	36,6%	77,8	0,0030	0,0020	30,0%	8,0%	1,024
Πετρέλαιο (#6)	23,6%	77,8	0,0030	0,0020	30,0%		0,942
Ελαφρύ πετρέλαιο (#2 πετρέλαιο)	3,6%	73,3	0,0020	0,0020	30,0%		0,888
Ελαφρύ πετρέλαιο (#2 πετρέλαιο)	15,7%	73,3	0,0020	0,0020	30,0%		0,888
Αιολικό	15,8%	0,0	0,0000	0,0000	100,0%		0,000
Ηλιακό	4,7%	0,0	0,0000	0,0000	100,0%		0,000
Μίγμα Ηλεκτρισμού	100,0%	211,6	0,0076	0,0055		2,9%	0,768

☐ Αλλαγές στο Σενάριο Αναφοράς κατά τη διάρκεια ζωής του έργου

Περίληψη εκπομπών ΑΤΘ βασικού σεναρίου (σεναρίου αναφοράς)

Τύπος Καυσίμου	Μίγμα καυσίμου %	Συντελεστής εκπομπής CO2 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής CH4 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής N2O kg/GJ	Κατανάλωση καυσίμου MWh	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ tn CO2/MWh	Εκπομπές ΑΤΘ tn CO2
Ηλεκτρική ενέργεια	100,0%	211,6	0,0076	0,0055	8.573	0,768	6.588,0
Σύνολο	100,0%	211,6	0,0076	0,0055	8.573	0,768	6.588,0

Περίληψη εκπομπών ΑΤΘ προτεινόμενης περίπτωσης (Εργο ηλεκτροπαραγωγής)

Τύπος Καυσίμου	Μίγμα καυσίμου %	Συντελεστής εκπομπής CO2 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής CH4 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής N2O kg/GJ	Κατανάλωση καυσίμου MWh	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ tn CO2/MWh	Εκπομπές ΑΤΘ tn CO2
Ηλιακό	100,0%	0,0	0,0000	0,0000	8.573	0,000	0,0
Σύνολο	100,0%	0,0	0,0000	0,0000	8.573	0,000	0,0
				Απώλειες Μ&Δ			
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	8.573		8,0%	686	0,768	527,0
						Σύνολο	527,0

Σύνοψη μείωσης εκπομπών ΑΤΘ

	Εκπομπές ΑΤΘ βασικής περίπτωσης tn CO2	Εκπομπές ΑΤΘ προτεινόμενης περίπτωσης tn CO2			Μικτή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ tn CO2	Τέλη συνναλαγών πιστώσεων εκπομπών ΑΤΘ %	Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ tn CO2
Εργο ηλεκτροπαραγωγής	6.588,0	527,0			6.061,0	0%	6.061,0
Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	6.061	tn CO2	ισοδυναμεί με	1.110	Αυτοκίνητα και ελαφριά φορτηγά δεν χρησιμοποιούνται		

Εικόνα 9-53

Η καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ είναι 6.061 tn CO2.

9.5 Οικονομική Ανάλυση

Αρχικά στην υποενότητα 9.5.1 θα βρούμε το επικρατές σενάριο συγκρίνοντας τις τιμές της *Καθαρής Παρούσας Αξίας* για δύο περιπτώσεις. Η πρώτη για χρήση σταθερής βάσης και η δεύτερη για χρήση διαξονικής βάσης.

Αφού καταλήξουμε στην πιο συμφέρουσα επιλογή, βάση της ΚΠΑ, θα εφαρμόσουμε διαφορετικές περιπτώσεις οπου θα διαφοροποιούνται <u>το επιτόκιο αναγωγής</u>, <u>το ποσοστό χρηματοδότησης</u> και <u>το ποσοστό της επιδότησης</u>.

Οι διαφορετικοί συνδυασμοί που θα γίνουν είναι οι ακόλουθοι:

9.5.2 Σενάριο χωρίς τραπεζικό δάνειο και χωρίς επιδότηση

9.5.3 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 30% του συνολικού κόστους - χωρίς επιδότηση

9.5.4 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 50% του συνολικού κόστους - χωρίς επιδότηση

9.5.5 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 70% του συνολικού κόστους - χωρίς επιδότηση

9.5.1 Εύρεση επικρατούς σεναρίου (επιτόκιο αναγωγής 8% - 40% Δάνειο - Χωρίς Επιδότηση)

Για να βρώ το επικρατών σενάριο θα τρέξω δύο σενάρια με 40% τραπεζικό δάνειο και 60% αρχικό κεφάλαιο και επιτόκιο αναγωγής 8%, χρησιμοποιώντας όμως στο ένα **σταθεροποιημένη** βάση για την λειτουργία παρακολούθησης του ήλιου και στο άλλο **διαξονική** βάση.

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 8%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς επιδότηση**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 40%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

<u>Για σταθεροποιημένη βάση:</u>

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

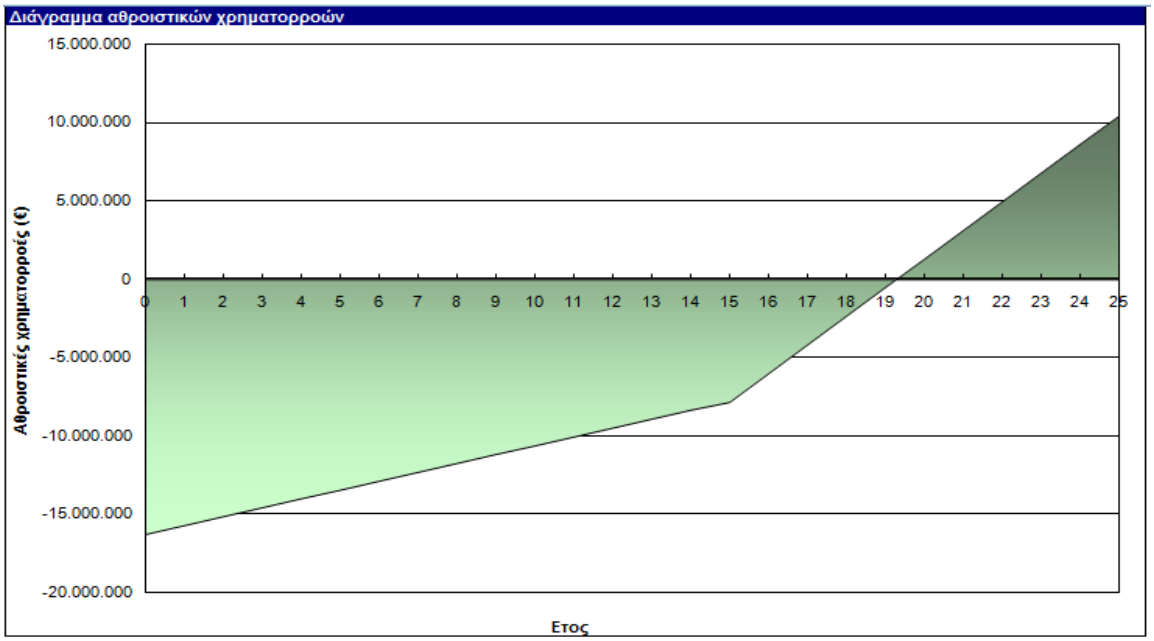
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 3,2%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 3,2%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 14,7 έτη
- ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -7.561.718 €
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -708.372 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,54.

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	3,2%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-0,1%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	3,2%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	-0,1%
Απλή αποπληρωμή	έτος	14,7
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	19,3
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-7.561.718
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	-708.372
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		0,54
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		1,45
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	297,42
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	117

Εικόνα 9-54: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-16.269.323	-16.269.323	-16.269.323
1	571.320	571.320	-15.698.004
2	571.227	571.227	-15.126.777
3	571.131	571.131	-14.555.645
4	571.033	571.033	-13.984.612
5	548.906	548.906	-13.435.707
6	570.827	570.827	-12.864.879
7	570.720	570.720	-12.294.159
8	570.609	570.609	-11.723.550
9	570.495	570.495	-11.153.055
10	544.843	544.843	-10.608.211
11	570.257	570.257	-10.037.954
12	570.132	570.132	-9.467.822
13	570.004	570.004	-8.897.818
14	569.872	569.872	-8.327.946
15	501.185	501.185	-7.826.761
16	1.836.754	1.836.754	-5.990.007
17	1.836.610	1.836.610	-4.153.398
18	1.836.461	1.836.461	-2.316.937
19	1.836.308	1.836.308	-480.629
20	1.801.834	1.801.834	1.321.204
21	1.835.987	1.835.987	3.157.191
22	1.835.820	1.835.820	4.993.011
23	1.835.647	1.835.647	6.828.658
24	1.835.470	1.835.470	8.664.128
25	1.795.505	1.795.505	10.459.633

Εικόνα 9-55: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-56: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

Η συνολική παραγώμενη ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο είναι: 8.573 MWh

Για διαξονική βάση:

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

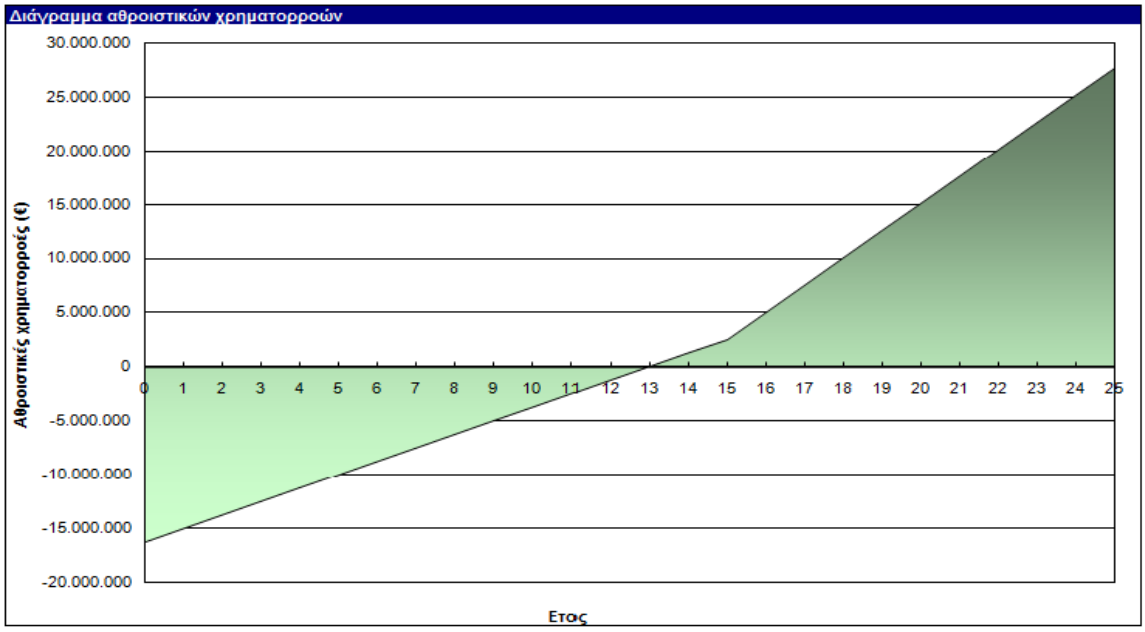
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 7,9%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 7,9%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 10,7 έτη
- ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -188.193 €
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -17.630 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,99.

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	7,9%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	3,5%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	7,9%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	3,5%
Απλή αποπληρωμή	έτος	10,7
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	12,9
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-188.193
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	-17.630
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		0,99
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		2,00
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	297,42
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	2

Εικόνα 9-57: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματοροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-16.269.323	-16.269.323	-16.269.323
1	1.262.062	1.262.062	-15.007.261
2	1.261.970	1.261.970	-13.745.291
3	1.261.874	1.261.874	-12.483.417
4	1.261.776	1.261.776	-11.221.641
5	1.239.648	1.239.648	-9.981.993
6	1.261.570	1.261.570	-8.720.422
7	1.261.463	1.261.463	-7.458.960
8	1.261.352	1.261.352	-6.197.608
9	1.261.238	1.261.238	-4.936.369
10	1.235.586	1.235.586	-3.700.783
11	1.261.000	1.261.000	-2.439.784
12	1.260.875	1.260.875	-1.178.908
13	1.260.747	1.260.747	81.838
14	1.260.615	1.260.615	1.342.453
15	1.191.928	1.191.928	2.534.381
16	2.527.497	2.527.497	5.061.878
17	2.527.352	2.527.352	7.589.230
18	2.527.204	2.527.204	10.116.434
19	2.527.050	2.527.050	12.643.484
20	2.492.576	2.492.576	15.136.060
21	2.526.730	2.526.730	17.662.790
22	2.526.563	2.526.563	20.189.353
23	2.526.390	2.526.390	22.715.743
24	2.526.212	2.526.212	25.241.955
25	2.486.248	2.486.248	27.728.203

Εικόνα 9-58: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-59: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

Η συνολική παραγώμενη ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο είναι: 11.789 MWh

Εκτιμώντας λοιπόν τόσο την *Καθαρή Παρούσα Αξία* όσο και την *συνολική ετήσια παραγώμενη ενέργεια* συμπεραίνουμε οτι πιο αποδοτική θα είναι η χρήση της διαξονικής βάσης, αφού παρατηρούμε αρκετά μεγαλύτερο δείκτη καθαρής παρούσας αξίας (-188.193 €) έναντι -7.561.718 € που προκύπτει με τη σταθεροποιημένη βάση.

Άλλα οικονομικά Σενάρια με χρήση διαξονικής βάσης:

9.5.2 Σενάριο χωρίς τραπεζικό δάνειο και χωρίς επιδότηση

Επιτόκιο αναγωγής στο 6%:

Αν και για τέτοιου μεγέθους επενδύσεις δεν είναι ρεαλιστική η πραγματοποίησή τους χωρίς τη χρήση δανείου, παρουσιάζεται ένα τέτοιο ενδεχόμενο για να ελέγξουμε τη βιωσιμότητα του έργου που μελετάμε.

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 6%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**

- **Χωρίς Τραπεζικό δάνειο**

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

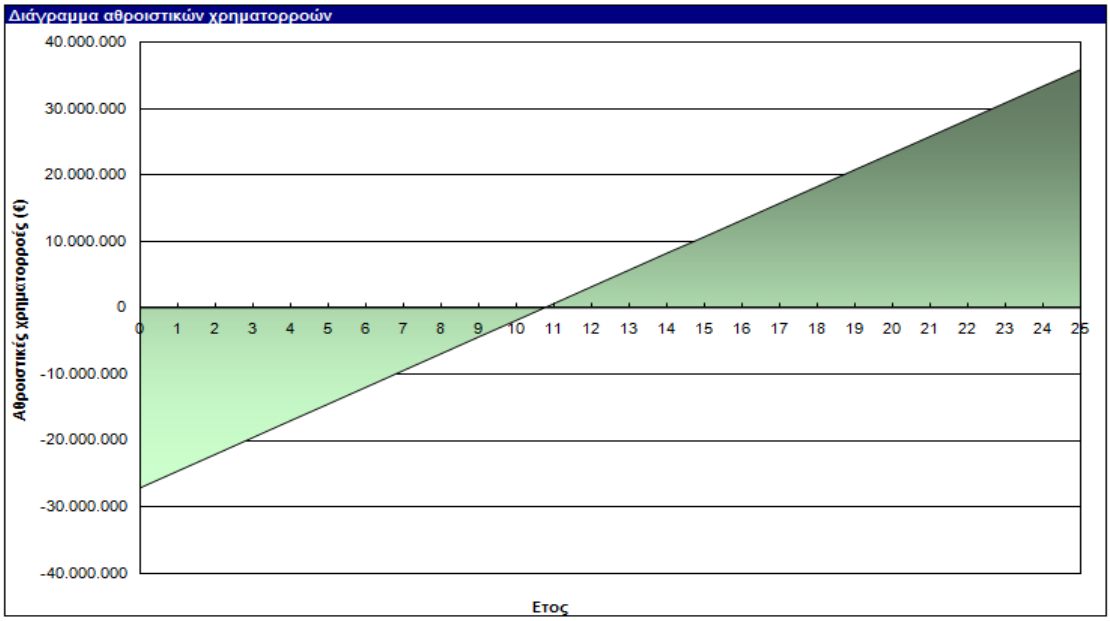
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 7,9%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 7,9%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 10,7 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 5.123.850 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 400.822 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1,19

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	7,9%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	7,9%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	7,9%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	7,9%
Απλή αποπληρωμή	έτος	10,7
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	10,7
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	5.123.850
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	400.822
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		1,19
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	297,42
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	(48)

Εικόνα 9-60: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-27.115.539	-27.115.539	-27.115.539
1	2.529.221	2.529.221	-24.586.318
2	2.529.128	2.529.128	-22.057.190
3	2.529.033	2.529.033	-19.528.157
4	2.528.934	2.528.934	-16.999.223
5	2.506.807	2.506.807	-14.492.416
6	2.528.729	2.528.729	-11.963.687
7	2.528.621	2.528.621	-9.435.066
8	2.528.511	2.528.511	-6.906.556
9	2.528.397	2.528.397	-4.378.159
10	2.502.745	2.502.745	-1.875.415
11	2.528.158	2.528.158	652.744
12	2.528.034	2.528.034	3.180.777
13	2.527.905	2.527.905	5.708.682
14	2.527.773	2.527.773	8.236.456
15	2.459.086	2.459.086	10.695.542
16	2.527.497	2.527.497	13.223.039
17	2.527.352	2.527.352	15.750.391
18	2.527.204	2.527.204	18.277.594
19	2.527.050	2.527.050	20.804.645
20	2.492.576	2.492.576	23.297.221
21	2.526.730	2.526.730	25.823.951
22	2.526.563	2.526.563	28.350.514
23	2.526.390	2.526.390	30.876.904
24	2.526.212	2.526.212	33.403.116
25	2.486.248	2.486.248	35.889.364

Εικόνα 9-61: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-62: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

Επιτόκιο αναγωγής στο 8%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 8%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **Χωρίς Τραπεζικό δάνειο**

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

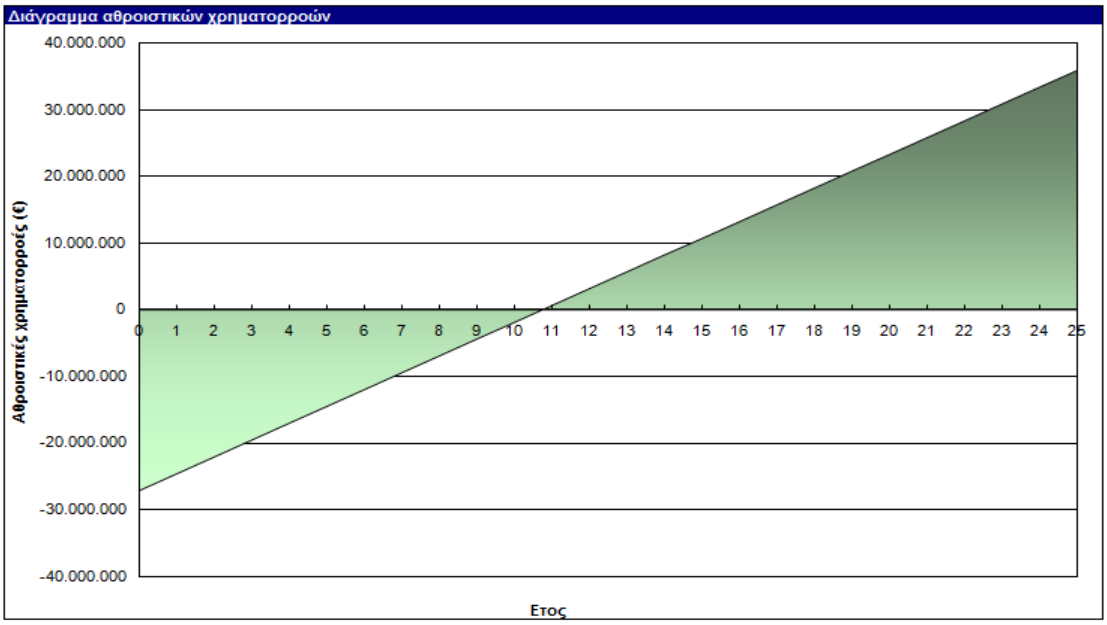
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 7,9%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 7,9%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 10,7 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -188.193 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -17.630 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,99

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	7,9%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	7,9%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	7,9%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	7,9%
Απλή αποπληρωμή	έτος	10,7
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	10,7
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-188.193
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	-17.630
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		0,99
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	297,42
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	2

Εικόνα 9-63: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-27.115.539	-27.115.539	-27.115.539
1	2.529.221	2.529.221	-24.586.318
2	2.529.128	2.529.128	-22.057.190
3	2.529.033	2.529.033	-19.528.157
4	2.528.934	2.528.934	-16.999.223
5	2.506.807	2.506.807	-14.492.416
6	2.528.729	2.528.729	-11.963.687
7	2.528.621	2.528.621	-9.435.066
8	2.528.511	2.528.511	-6.906.556
9	2.528.397	2.528.397	-4.378.159
10	2.502.745	2.502.745	-1.875.415
11	2.528.158	2.528.158	652.744
12	2.528.034	2.528.034	3.180.777
13	2.527.905	2.527.905	5.708.682
14	2.527.773	2.527.773	8.236.456
15	2.459.086	2.459.086	10.695.542
16	2.527.497	2.527.497	13.223.039
17	2.527.352	2.527.352	15.750.391
18	2.527.204	2.527.204	18.277.594
19	2.527.050	2.527.050	20.804.645
20	2.492.576	2.492.576	23.297.221
21	2.526.730	2.526.730	25.823.951
22	2.526.563	2.526.563	28.350.514
23	2.526.390	2.526.390	30.876.904
24	2.526.212	2.526.212	33.403.116
25	2.486.248	2.486.248	35.889.364

Εικόνα 9-64: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-65: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

Επιτόκιο αναγωγής στο 10%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 10%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **Χωρίς Τραπεζικό δάνειο**

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

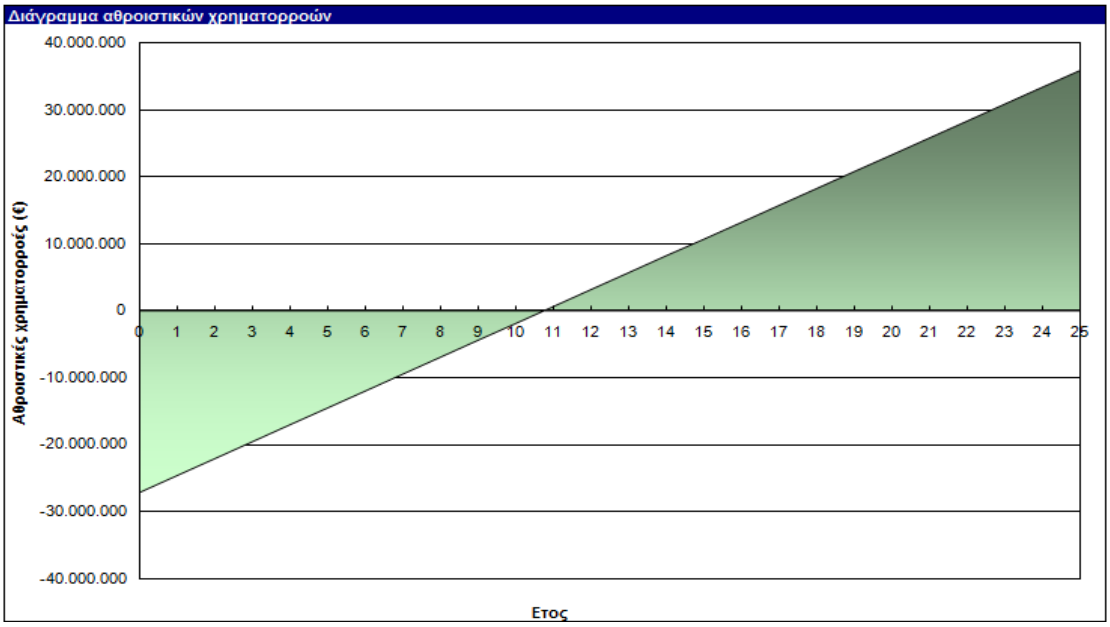
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 7,9%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 7,9%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 10,7 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -4.213.969 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -464.245 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,84

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	7,9%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	7,9%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	7,9%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	7,9%
Απλή αποπληρωμή	έτος	10,7
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	10,7
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-4.213.969
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	-464.245
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		0,84
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	297,42
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	56

Εικόνα 9-66: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-27.115.539	-27.115.539	-27.115.539
1	2.529.221	2.529.221	-24.586.318
2	2.529.128	2.529.128	-22.057.190
3	2.529.033	2.529.033	-19.528.157
4	2.528.934	2.528.934	-16.999.223
5	2.506.807	2.506.807	-14.492.416
6	2.528.729	2.528.729	-11.963.687
7	2.528.621	2.528.621	-9.435.066
8	2.528.511	2.528.511	-6.906.556
9	2.528.397	2.528.397	-4.378.159
10	2.502.745	2.502.745	-1.875.415
11	2.528.158	2.528.158	652.744
12	2.528.034	2.528.034	3.180.777
13	2.527.905	2.527.905	5.708.682
14	2.527.773	2.527.773	8.236.456
15	2.459.086	2.459.086	10.695.542
16	2.527.497	2.527.497	13.223.039
17	2.527.352	2.527.352	15.750.391
18	2.527.204	2.527.204	18.277.594
19	2.527.050	2.527.050	20.804.645
20	2.492.576	2.492.576	23.297.221
21	2.526.730	2.526.730	25.823.951
22	2.526.563	2.526.563	28.350.514
23	2.526.390	2.526.390	30.876.904
24	2.526.212	2.526.212	33.403.116
25	2.486.248	2.486.248	35.889.364

Εικόνα 9-67: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-68: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

9.5.3 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 30% του συνολικού κόστους χωρίς επιδότηση

Επιτόκιο αναγωγής στο 6%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 6%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **30% Τραπεζικό δάνειο**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

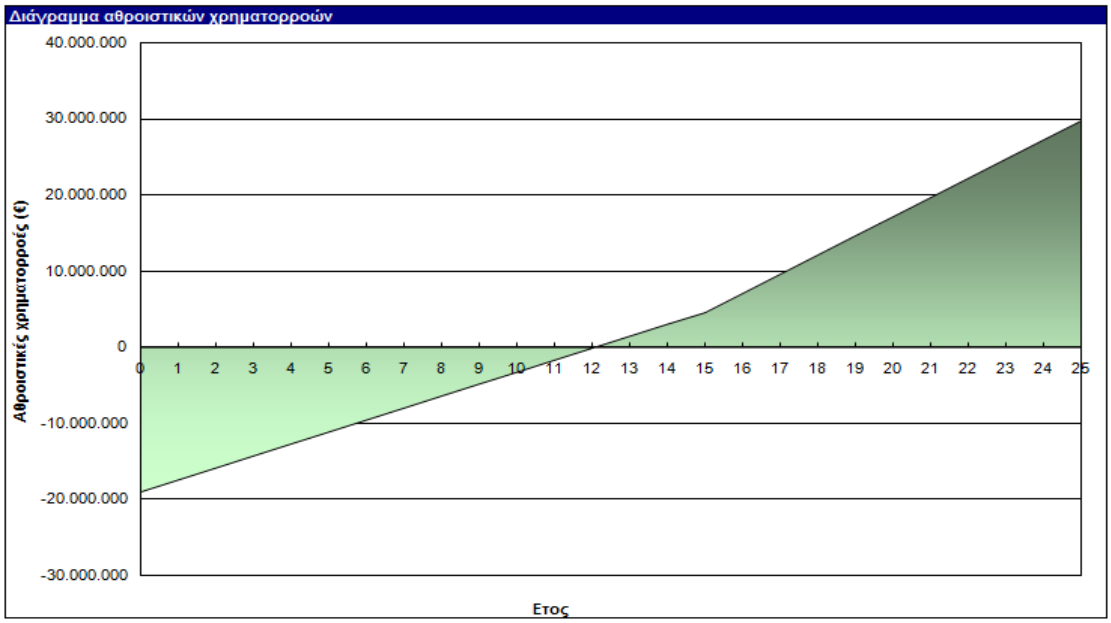
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 7,9%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 7,9%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 10,7 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 4.028.293 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 315.120 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1,21

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	7,9%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	4,5%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	7,9%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	4,5%
Απλή αποπληρωμή	έτος	10,7
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	12,1
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	4.028.293
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	315.120
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		1,21
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		2,66
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	297,42
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	(38)

Εικόνα 9-69: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-18.980.877	-18.980.877	-18.980.877
1	1.578.852	1.578.852	-17.402.025
2	1.578.759	1.578.759	-15.823.266
3	1.578.664	1.578.664	-14.244.602
4	1.578.565	1.578.565	-12.666.037
5	1.556.438	1.556.438	-11.109.599
6	1.578.360	1.578.360	-9.531.239
7	1.578.252	1.578.252	-7.952.986
8	1.578.142	1.578.142	-6.374.845
9	1.578.028	1.578.028	-4.796.817
10	1.552.376	1.552.376	-3.244.441
11	1.577.789	1.577.789	-1.666.652
12	1.577.665	1.577.665	-88.987
13	1.577.536	1.577.536	1.488.549
14	1.577.404	1.577.404	3.065.954
15	1.508.718	1.508.718	4.574.671
16	2.527.497	2.527.497	7.102.168
17	2.527.352	2.527.352	9.629.520
18	2.527.204	2.527.204	12.156.724
19	2.527.050	2.527.050	14.683.774
20	2.492.576	2.492.576	17.176.351
21	2.526.730	2.526.730	19.703.081
22	2.526.563	2.526.563	22.229.643
23	2.526.390	2.526.390	24.756.033
24	2.526.212	2.526.212	27.282.246
25	2.486.248	2.486.248	29.768.493

Εικόνα 9-70: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-71: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

Επιτόκιο αναγωγής στο 8%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 8%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **30% Τραπεζικό δάνειο**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

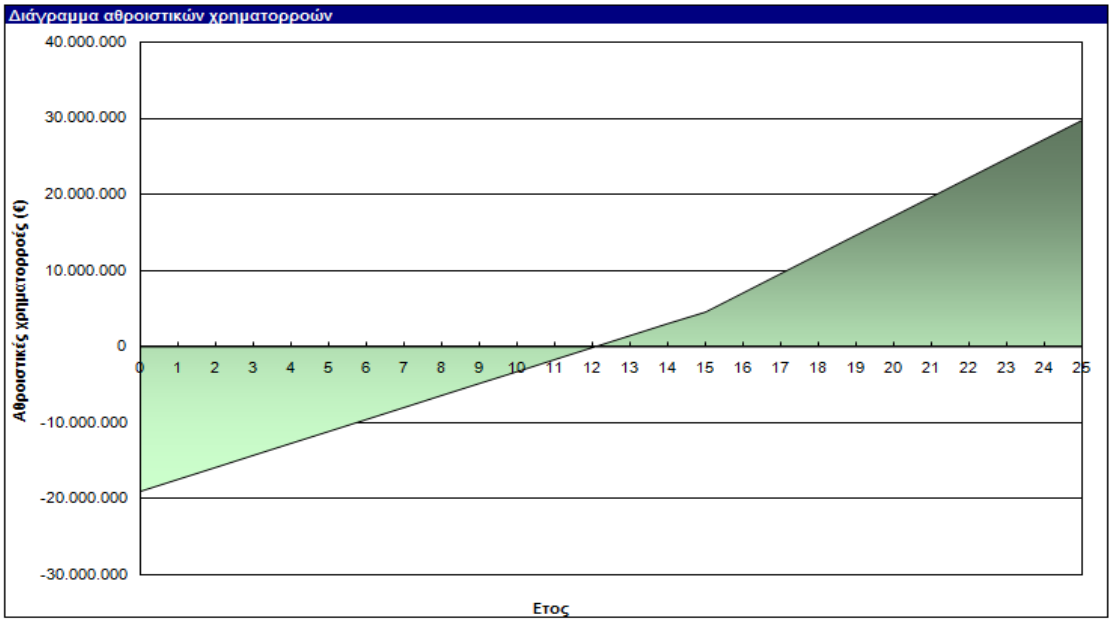
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 7,9%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 7,9%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 10,7 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -128.193 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -17.630 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,99

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	7,9%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	4,5%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	7,9%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	4,5%
Απλή αποπληρωμή	έτος	10,7
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	12,1
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-188.193
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	-17.630
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		0,99
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		2,66
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	297,42
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	2

Εικόνα 9-72: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-18.980.877	-18.980.877	-18.980.877
1	1.578.852	1.578.852	-17.402.025
2	1.578.759	1.578.759	-15.823.266
3	1.578.664	1.578.664	-14.244.602
4	1.578.565	1.578.565	-12.666.037
5	1.556.438	1.556.438	-11.109.599
6	1.578.360	1.578.360	-9.531.239
7	1.578.252	1.578.252	-7.952.986
8	1.578.142	1.578.142	-6.374.845
9	1.578.028	1.578.028	-4.796.817
10	1.552.376	1.552.376	-3.244.441
11	1.577.789	1.577.789	-1.666.652
12	1.577.665	1.577.665	-88.987
13	1.577.536	1.577.536	1.488.549
14	1.577.404	1.577.404	3.065.954
15	1.508.718	1.508.718	4.574.671
16	2.527.497	2.527.497	7.102.168
17	2.527.352	2.527.352	9.629.520
18	2.527.204	2.527.204	12.156.724
19	2.527.050	2.527.050	14.683.774
20	2.492.576	2.492.576	17.176.351
21	2.526.730	2.526.730	19.703.081
22	2.526.563	2.526.563	22.229.643
23	2.526.390	2.526.390	24.756.033
24	2.526.212	2.526.212	27.282.246
25	2.486.248	2.486.248	29.768.493

Εικόνα 9-73: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-74: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

Επιτόκιο αναγωγής στο 10%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 10%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **30% Τραπεζικό δάνειο**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

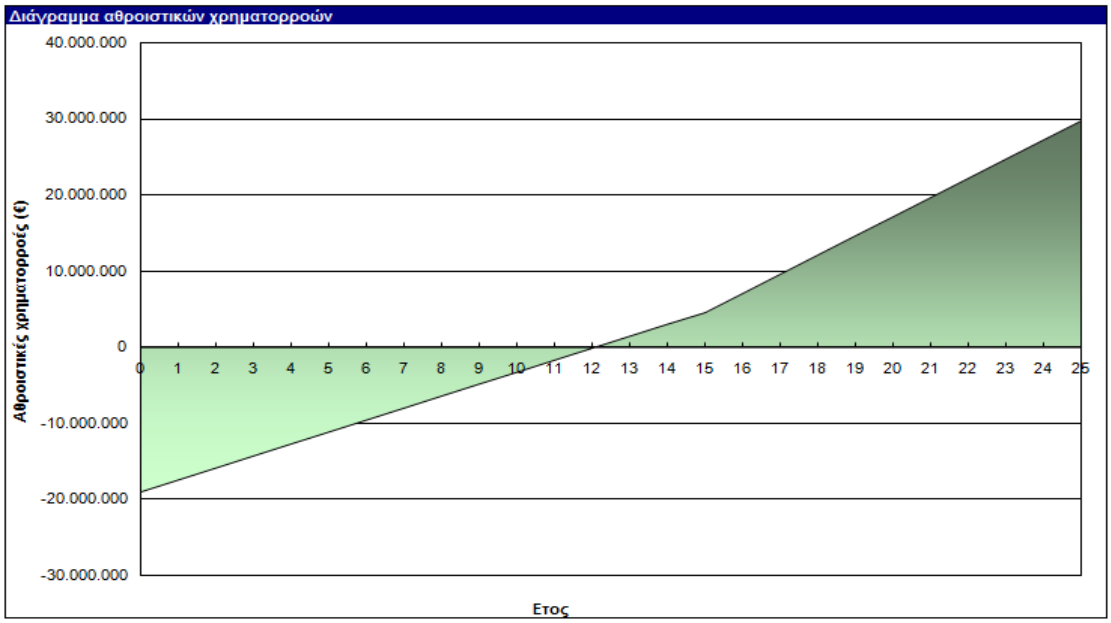
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 7,9%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 7,9%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 10,7 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -3.307.888 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -364.424 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,83

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	7,9%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	4,5%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	7,9%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	4,5%
Απλή αποπληρωμή	έτος	10,7
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	12,1
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-3.307.888
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	-364.424
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		0,83
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		2,66
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	297,42
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	44

Εικόνα 9-75: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-18.980.877	-18.980.877	-18.980.877
1	1.578.852	1.578.852	-17.402.025
2	1.578.759	1.578.759	-15.823.266
3	1.578.664	1.578.664	-14.244.602
4	1.578.565	1.578.565	-12.666.037
5	1.556.438	1.556.438	-11.109.599
6	1.578.360	1.578.360	-9.531.239
7	1.578.252	1.578.252	-7.952.986
8	1.578.142	1.578.142	-6.374.845
9	1.578.028	1.578.028	-4.796.817
10	1.552.376	1.552.376	-3.244.441
11	1.577.789	1.577.789	-1.666.652
12	1.577.665	1.577.665	-88.987
13	1.577.536	1.577.536	1.488.549
14	1.577.404	1.577.404	3.065.954
15	1.508.718	1.508.718	4.574.671
16	2.527.497	2.527.497	7.102.168
17	2.527.352	2.527.352	9.629.520
18	2.527.204	2.527.204	12.156.724
19	2.527.050	2.527.050	14.683.774
20	2.492.576	2.492.576	17.176.351
21	2.526.730	2.526.730	19.703.081
22	2.526.563	2.526.563	22.229.643
23	2.526.390	2.526.390	24.756.033
24	2.526.212	2.526.212	27.282.246
25	2.486.248	2.486.248	29.768.493

Εικόνα 9-76: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-77: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

9.5.4 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 50% του συνολικού κόστους χωρίς επιδότηση

Επιτόκιο αναγωγής στο 6%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 6%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **50% Τραπεζικό δάνειο**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

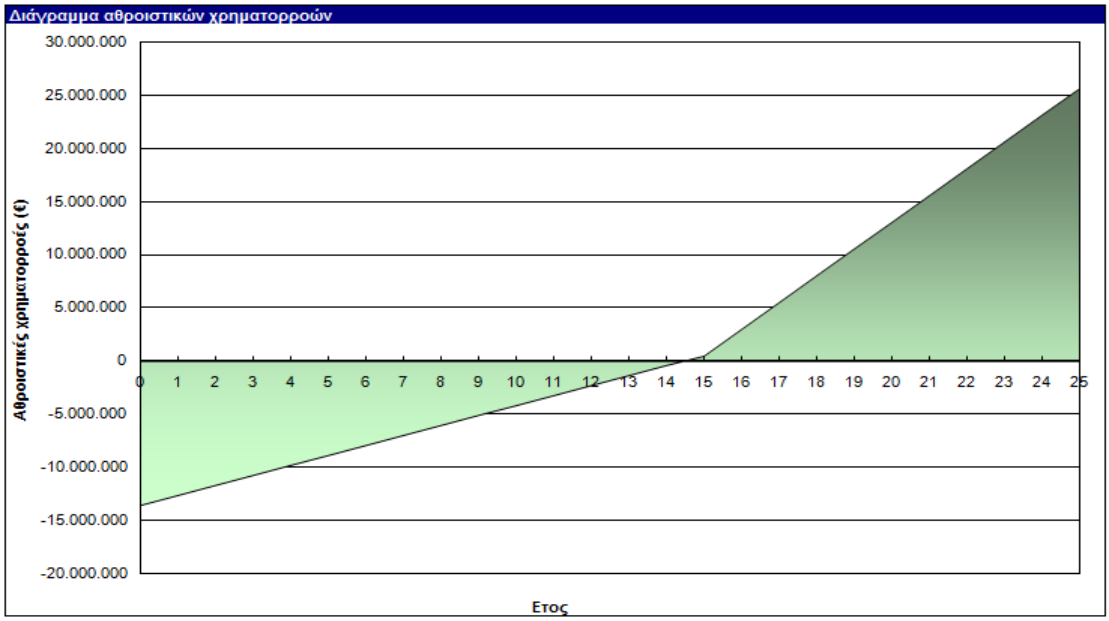
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 7,9%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 7,9%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 10,7 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 3.297.922 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 257.986 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1,24.

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	7,9%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	2,4%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	7,9%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	2,4%
Απλή αποπληρωμή	έτος	10,7
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	14,4
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	3.297.922
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	257.986
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		1,24
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		1,60
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	297,42
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	(31)

Εικόνα 9-78: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-13.557.770	-13.557.770	-13.557.770
1	945.273	945.273	-12.612.497
2	945.180	945.180	-11.667.317
3	945.085	945.085	-10.722.232
4	944.986	944.986	-9.777.246
5	922.859	922.859	-8.854.387
6	944.781	944.781	-7.909.606
7	944.673	944.673	-6.964.933
8	944.562	944.562	-6.020.371
9	944.448	944.448	-5.075.922
10	918.797	918.797	-4.157.125
11	944.210	944.210	-3.212.915
12	944.086	944.086	-2.268.830
13	943.957	943.957	-1.324.873
14	943.825	943.825	-381.048
15	875.138	875.138	494.091
16	2.527.497	2.527.497	3.021.588
17	2.527.352	2.527.352	5.548.940
18	2.527.204	2.527.204	8.076.143
19	2.527.050	2.527.050	10.603.194
20	2.492.576	2.492.576	13.095.770
21	2.526.730	2.526.730	15.622.500
22	2.526.563	2.526.563	18.149.063
23	2.526.390	2.526.390	20.675.453
24	2.526.212	2.526.212	23.201.665
25	2.486.248	2.486.248	25.687.913

Εικόνα 9-79: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-80: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

Επιτόκιο αναγωγής στο 8%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 8%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **50% Τραπεζικό δάνειο**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

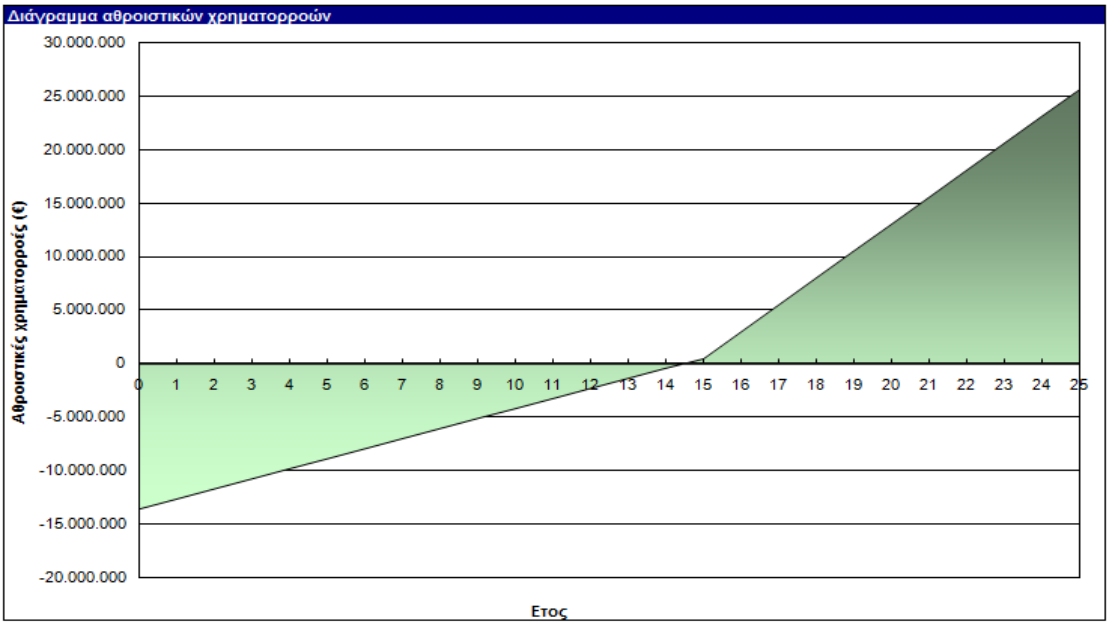
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 7,9%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 7,9%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 10,7 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -188.193 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -17.630 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,99.

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	7,9%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	2,4%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	7,9%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	2,4%
Απλή αποπληρωμή	έτος	10,7
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	14,4
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-188.193
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	-17.630
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		0,99
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		1,60
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	297,42
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	2

Εικόνα 9-81: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-13.557.770	-13.557.770	-13.557.770
1	945.273	945.273	-12.612.497
2	945.180	945.180	-11.667.317
3	945.085	945.085	-10.722.232
4	944.986	944.986	-9.777.246
5	922.859	922.859	-8.854.387
6	944.781	944.781	-7.909.606
7	944.673	944.673	-6.964.933
8	944.562	944.562	-6.020.371
9	944.448	944.448	-5.075.922
10	918.797	918.797	-4.157.125
11	944.210	944.210	-3.212.915
12	944.086	944.086	-2.268.830
13	943.957	943.957	-1.324.873
14	943.825	943.825	-381.048
15	875.138	875.138	494.091
16	2.527.497	2.527.497	3.021.588
17	2.527.352	2.527.352	5.548.940
18	2.527.204	2.527.204	8.076.143
19	2.527.050	2.527.050	10.603.194
20	2.492.576	2.492.576	13.095.770
21	2.526.730	2.526.730	15.622.500
22	2.526.563	2.526.563	18.149.063
23	2.526.390	2.526.390	20.675.453
24	2.526.212	2.526.212	23.201.665
25	2.486.248	2.486.248	25.687.913

Εικόνα 9-82: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-83: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

Επιτόκιο αναγωγής στο 10%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 10%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **50% Τραπεζικό δάνειο**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

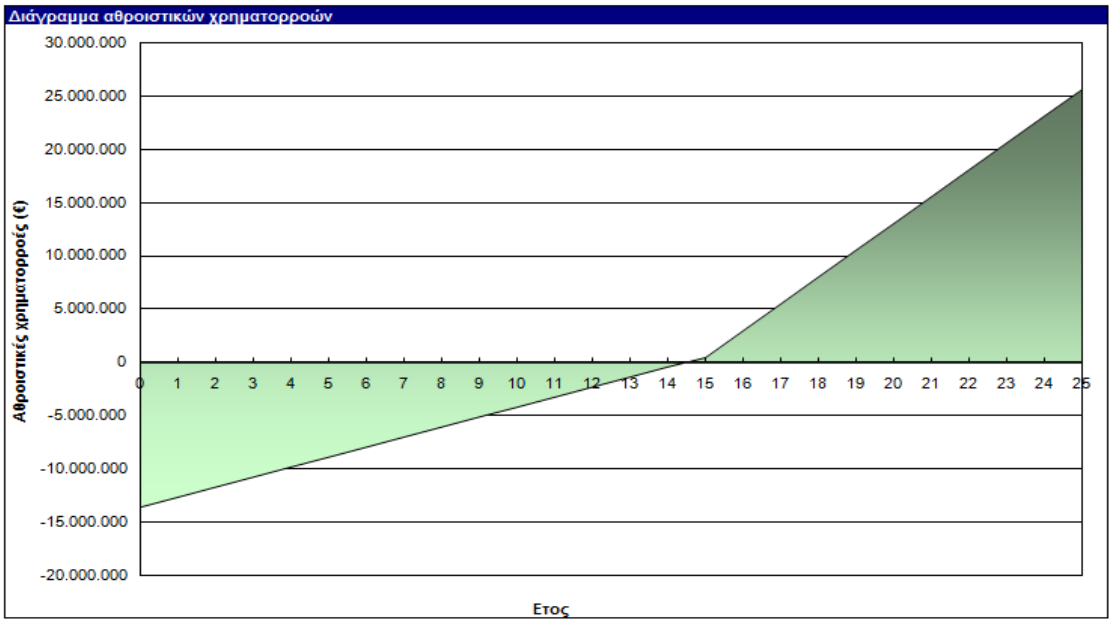
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 7,9%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 7,9%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 10,7 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -2.703.834 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -297.876 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,80.

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	7,9%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	2,4%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	7,9%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	2,4%
Απλή αποπληρωμή	έτος	10,7
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	14,4
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-2.703.834
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	-297.876
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		0,80
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		1,60
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	297,42
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	36

Εικόνα 9-84: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-13.557.770	-13.557.770	-13.557.770
1	945.273	945.273	-12.612.497
2	945.180	945.180	-11.667.317
3	945.085	945.085	-10.722.232
4	944.986	944.986	-9.777.246
5	922.859	922.859	-8.854.387
6	944.781	944.781	-7.909.606
7	944.673	944.673	-6.964.933
8	944.562	944.562	-6.020.371
9	944.448	944.448	-5.075.922
10	918.797	918.797	-4.157.125
11	944.210	944.210	-3.212.915
12	944.086	944.086	-2.268.830
13	943.957	943.957	-1.324.873
14	943.825	943.825	-381.048
15	875.138	875.138	494.091
16	2.527.497	2.527.497	3.021.588
17	2.527.352	2.527.352	5.548.940
18	2.527.204	2.527.204	8.076.143
19	2.527.050	2.527.050	10.603.194
20	2.492.576	2.492.576	13.095.770
21	2.526.730	2.526.730	15.622.500
22	2.526.563	2.526.563	18.149.063
23	2.526.390	2.526.390	20.675.453
24	2.526.212	2.526.212	23.201.665
25	2.486.248	2.486.248	25.687.913

Εικόνα 9-85: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-86: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

9.5.5 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 70% του συνολικού κόστους χωρίς επιδότηση

Επιτόκιο αναγωγής στο 6%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 6%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **70% Τραπεζικό δάνειο**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

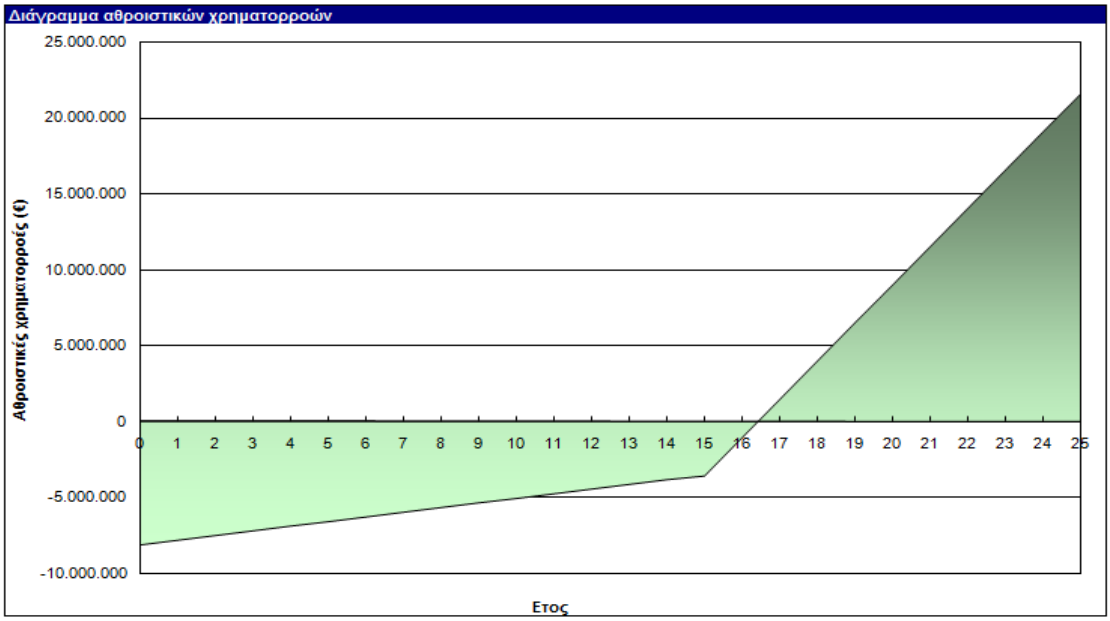
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 7,8%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 7,8%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 10,7 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 2.567.551 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 200.851 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1,32.

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	7,8%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	0,5%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	7,8%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	0,5%
Απλή αποπληρωμή	έτος	10,7
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	16,4
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	2.567.551
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	200.851
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		1,32
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		1,13
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	297,42
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	(24)

Εικόνα 9-87: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-8.134.662	-8.134.662	-8.134.662
1	311.694	311.694	-7.822.968
2	311.601	311.601	-7.511.367
3	311.505	311.505	-7.199.862
4	311.407	311.407	-6.888.455
5	289.280	289.280	-6.599.175
6	311.201	311.201	-6.287.974
7	311.094	311.094	-5.976.880
8	310.983	310.983	-5.665.896
9	310.869	310.869	-5.355.027
10	285.217	285.217	-5.069.810
11	310.631	310.631	-4.759.179
12	310.506	310.506	-4.448.673
13	310.378	310.378	-4.138.295
14	310.246	310.246	-3.828.049
15	241.559	241.559	-3.586.490
16	2.527.497	2.527.497	-1.058.993
17	2.527.352	2.527.352	1.468.359
18	2.527.204	2.527.204	3.995.563
19	2.527.050	2.527.050	6.522.613
20	2.492.576	2.492.576	9.015.190
21	2.526.730	2.526.730	11.541.920
22	2.526.563	2.526.563	14.068.482
23	2.526.390	2.526.390	16.594.872
24	2.526.212	2.526.212	19.121.085
25	2.486.248	2.486.248	21.607.332

Εικόνα 9-88: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-89: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

Επιτόκιο αναγωγής στο 8%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 8%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **70% Τραπεζικό δάνειο**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

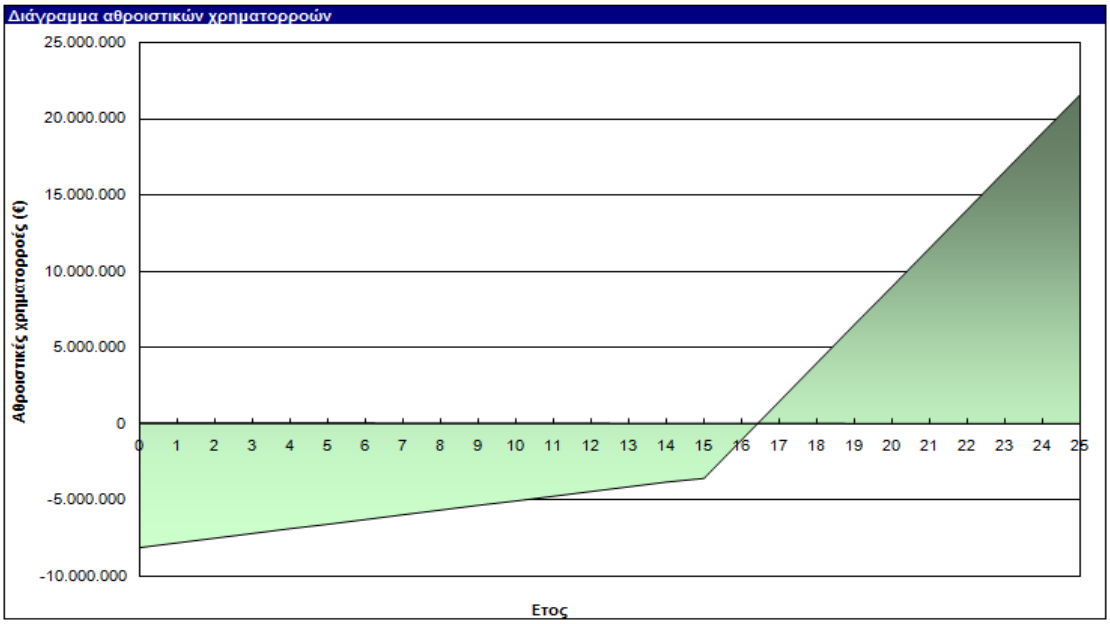
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 7,8%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 7,8%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 10,7 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -188.193 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -17.630 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,98.

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	7,8%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	0,5%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	7,8%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	0,5%
Απλή αποπληρωμή	έτος	10,7
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	16,4
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-188.193
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	-17.630
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		0,98
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		1,13
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	297,42
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	2

Εικόνα 9-90: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-8.134.662	-8.134.662	-8.134.662
1	311.694	311.694	-7.822.968
2	311.601	311.601	-7.511.367
3	311.505	311.505	-7.199.862
4	311.407	311.407	-6.888.455
5	289.280	289.280	-6.599.175
6	311.201	311.201	-6.287.974
7	311.094	311.094	-5.976.880
8	310.983	310.983	-5.665.896
9	310.869	310.869	-5.355.027
10	285.217	285.217	-5.069.810
11	310.631	310.631	-4.759.179
12	310.506	310.506	-4.448.673
13	310.378	310.378	-4.138.295
14	310.246	310.246	-3.828.049
15	241.559	241.559	-3.586.490
16	2.527.497	2.527.497	-1.058.993
17	2.527.352	2.527.352	1.468.359
18	2.527.204	2.527.204	3.995.563
19	2.527.050	2.527.050	6.522.613
20	2.492.576	2.492.576	9.015.190
21	2.526.730	2.526.730	11.541.920
22	2.526.563	2.526.563	14.068.482
23	2.526.390	2.526.390	16.594.872
24	2.526.212	2.526.212	19.121.085
25	2.486.248	2.486.248	21.607.332

Εικόνα 9-91: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-92: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

Επιτόκιο αναγωγής στο 10%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 8%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **70% Τραπεζικό δάνειο**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

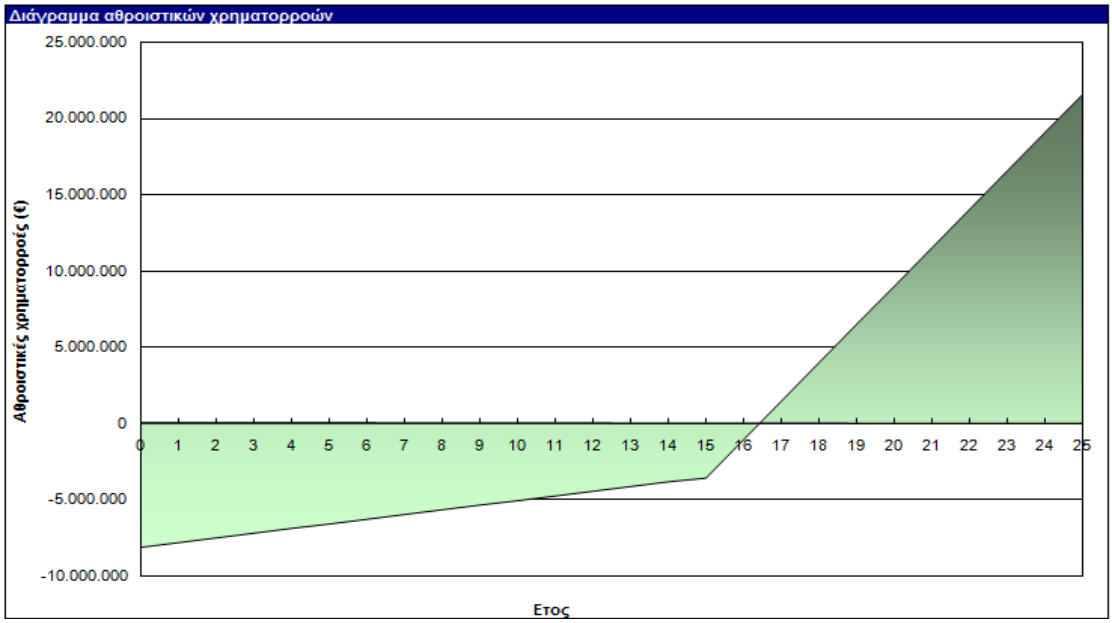
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 7,8%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 7,8%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 10,7 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -2.099.780 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -231.329 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,74.

Οικονομική Βιωσιμότητα		
Εσωτερικός συντελεστής απόδοσης προ φόρων - μετοχέ	%	7,8%
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	0,5%
(IRR) μετά-φόρου - μετοχές	%	7,8%
(IRR) μετά φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	0,5%
Απλή αποπληρωμή	έτος	10,7
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	16,4
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	-2.099.780
Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/ετος	-231.329
Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		0,74
Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		1,13
Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/MWh	297,42
Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tCO2	28

Εικόνα 9-93: Οικονομική βιωσιμότητα

Ετήσια χρηματορροή			
Ετος	Προ-φόρων	Μετά-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€	€
0	-8.134.662	-8.134.662	-8.134.662
1	311.694	311.694	-7.822.968
2	311.601	311.601	-7.511.367
3	311.505	311.505	-7.199.862
4	311.407	311.407	-6.888.455
5	289.280	289.280	-6.599.175
6	311.201	311.201	-6.287.974
7	311.094	311.094	-5.976.880
8	310.983	310.983	-5.665.896
9	310.869	310.869	-5.355.027
10	285.217	285.217	-5.069.810
11	310.631	310.631	-4.759.179
12	310.506	310.506	-4.448.673
13	310.378	310.378	-4.138.295
14	310.246	310.246	-3.828.049
15	241.559	241.559	-3.586.490
16	2.527.497	2.527.497	-1.058.993
17	2.527.352	2.527.352	1.468.359
18	2.527.204	2.527.204	3.995.563
19	2.527.050	2.527.050	6.522.613
20	2.492.576	2.492.576	9.015.190
21	2.526.730	2.526.730	11.541.920
22	2.526.563	2.526.563	14.068.482
23	2.526.390	2.526.390	16.594.872
24	2.526.212	2.526.212	19.121.085
25	2.486.248	2.486.248	21.607.332

Εικόνα 9-94: Ετήσια χρηματορροή



Εικόνα 9-95: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

9.6 Συμπεράσματα – Συγκεντρωτικός πίνακας

Δεικτες οικονομικης βιωσημότητας	ΟΧΙ Δάνειο – ΟΧΙ Επιδότηση			30% Δάνειο – ΟΧΙ Επιδότηση			50% Δάνειο – ΟΧΙ Επιδότηση			70% Δάνειο – ΟΧΙ Επιδότηση		
Επιτόκιο αναγωγής	6,00 %	8,00 %	10,00 %	6,00 %	8,00 %	10,00 %	6,00 %	8,00 %	10,00 %	6,00 %	8,00 %	10,00 %
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης IIR (%)	7,90 %	7,90 %	7,90 %	7,90 %	7,90 %	7,90 %	7,90 %	7,90 %	7,90 %	7,80 %	7,80 %	7,80 %
Καθαρή παρούσα αξία (NPV) (Εκατομύρια €)	5,12	-0,18	-4,21	4,02	-0,12	-3,3	3,29	-0,18	-2,7	2,5	-0,18	-2,09

Πίνακας 9-2

Στην παρών κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε μια μελέτη εγκατάστασης και λειτουργίας ενός φωτοβολταϊκού πάρκου ισχύος 5 MW με διαξονική βάση, στην περιοχή της Μαλάξας, στο νομό Χανίων. Σκοπός ήταν καταρχήν η καταγραφή του κόστους μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης του συγκεκριμένου τύπου με βάση τα τωρινά δεδομένα, ενώ στη συνέχεια η παρακολούθηση της λειτουργίας της εγκατάστασης αυτής και η καταγραφή παρατηρήσεων, καθώς και η καταγραφή της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Απο τον παραπάνω πίνακα είναι εμφανές οτι εκτός της περίπτωσης οπου επικρατεί επιτοκιο αναγωγής 6%, σε όλες τις άλλες περιπτώσεις χρηματοδότησης και επιτοκίων αναγωγής, προέκυψαν αρνητικά ποσά ΚΠΑ, γεγονός αυτό αποδυκνύει ότι η συγκεκριμένη επένδυση είναι παραγωγική για επιτόκια αναγωγής που υποδεικνύουν χαμηλό ρίσκο επένδυσης, και μη βιώσιμη για λιγότερο σταθερές οικονομίες, όπως αυτή της Ελλάδας.

Η απόσβεση της επένδυσης όπως φαίνεται από το διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών του RETScreen, για την περίπτωση μη χρηματοδότησης πραγματοποιείται το 11ο έτος, για 30% χρηματοδότηση το 13ο έτος, με 50% χρηματοδότηση μεταξύ 14ου και 15ου έτους, ενώ όταν χρησιμοποιείται χρηματοδότηση 70% η απόσβεση επιτυγχάνεται το 16ο έτος.

Για την εξαγωγή του συμπεράσματος αυτού θεωρήθηκαν τα χειρότερα σενάρια όσον αφορά τη συντήρηση και την πιθανή αντικατάσταση κάποιων εξαρτημάτων, ενώ σαν ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θεωρήθηκε μια μέση τιμή των ετήσιων παραγωγών αντίστοιχων φωτοβολταϊκών πάρκων ίδιου τύπου στην περιοχή.

Σε αυτή τη περίπτωση υπάρχει εξοικονόμηση 6.061 τόνων αερίων του θερμοκηπίου σε ετήσια βάση από το συγκεκριμένο πάρκο, κάτι που κρίνεται ως αρκετά σημαντική προσφορά για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10ο

Τεχνοοικονομική ανάλυση σε έργο συμπαραγωγής θερμότητας – ηλεκτρισμού με βιομάζα

10.1 Εκκίνηση

Αρχικά ζητείται από το χρήστη να συμπηρώσει κάποια στοιχεία σχετικά με την εξεταζόμενη εφαρμογή.

Συγκεκριμένα:

Πληροφορίες σχετικά με το έργο:

- ονομασία και η τοποθεσία του έργου: **ΣΘΗ / Χανιά**
- ο τύπος του έργου: **Συμπαραγωγή θερμότητας & ηλεκτρισμού**
- ο τύπος του δικτύου: **Κεντρικό δίκτυο**
- ο τύπος ανάλυσης: **Μεθοδος 2**
- θερμογόνος ικανότητα αναφορας: **Κατώτερη θερμογόνος Ικανότητα (ΚΘΙ)**
- και άλλες πληροφορίες όπως το νόμισμα, η γλώσσα και οι μονάδες μέτρησης.

Πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας:

- Θέση κλιματολογικών δεδομένων: **Souda Bay**

Ακολουθεί ακριβής απεικόνιση του φύλλου της εκκίνησης του προγράμματος RETScreen:

Πληροφορία έργου

Δείτε Βάση δεδομένων έργου

Ονομασία έργου	ΣΘΗ
Τοποθεσία έργου	Κρήτη
Συντάχθηκε για	
Συντάχθηκε από	
Τύπος έργου	Συμπαραγωγή θερμότητας & ηλεκτρισμού
Τύπος δικτύου	Κεντρικό δίκτυο
Τύπος ανάλυσης	Μέθοδος 2
Θερμογόνος ικανότητα αναφοράς	Κατώτερη Θερμογόνος Ικανότητα (ΚΘΙ)
Δείξε ρυθμίσεις	☑
Γλώσσα	Greek - Ελληνικά
Εγχειρίδιο Χρήστη	English - Anglais
Νόμισμα	Σύμβολο Ευρώ
Μονάδες	Μονάδες μετρικού συστήματος

Συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας

Επιλέξτε τοποθεσία κλιματικών δεδομένων

Θέση κλιματολογικών δεδομένων	Souda Bay Crete
Δείξε δεδομένα	☐

	Μονάδα	Θέση κλιματολογικών δεδομένων	Τοποθεσία έργου
Γεωγραφικό πλάτος	°B	35.5	35.5
Γεωγραφικό μήκος	°A	24.2	24.2
Υψόμετρο	m	146	146
Θερμοκρασία θέρμανσης βάσει σχεδιασμού	°C	5.8	
Θερμοκρασία ψύξης βάσει σχεδιασμού	°C	33.1	
Πλάτος (διακύμανση) θερμοκρασίας εδάφους	°C	9.3	

Μήνας	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία - Οριζόντια	Ατμοσφαιρική πίεση	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία εδάφους	Βαθμό-ημέρες θέρμανσης	Βαθμο-ημέρες ψύξης
	°C	%	kWh/m²/ημ	kPa	m/Δευτερόλεπτ	°C	°C-ημ	°C-ημ
Ιανουάριος	11.0	77.3%	2.31	101.2	3.2	15.1	217	31
Φεβρουάριος	10.8	76.4%	3.20	101.1	3.3	14.9	202	22
Μάρτιος	12.6	74.4%	4.57	101.0	3.6	15.9	167	81
Απρίλιος	15.7	70.5%	6.30	100.8	3.7	17.9	69	171
Μαΐος	20.1	64.4%	7.45	100.8	3.3	21.2	0	313
Ιούνιος	24.6	57.2%	8.45	100.7	3.2	24.7	0	438
Ιούλιος	26.6	57.9%	8.41	100.5	2.9	26.8	0	515
Αύγουστος	26.1	59.8%	7.58	100.5	3.0	27.3	0	499
Σεπτέμβριος	23.3	65.9%	6.14	100.8	2.9	25.8	0	399
Οκτώβριος	19.9	71.8%	4.28	101.1	2.8	22.8	0	307
Νοέμβριος	15.6	75.8%	2.65	101.1	2.8	19.3	72	168
Δεκέμβριος	12.1	78.7%	2.05	101.2	3.2	16.4	183	65
Ετήσιο	18.2	69.1%	5.29	100.9	3.2	20.7	910	3,009
Μετρημένο σε (m)					10.0	0.0		

Συμπληρώστε το φύλλο Ενεργειακό Μοντέλο

RETScreen4 2013-08-27 © Minister of Natural Resources Canada 1997-2013. NRCan/CanmetENERGY

Εικόνα 10-1

10.2 Φορτίο και δίκτυο

Στο δεύτερο φύλλο του προγράμματος ορίζονται συγκεκριμένες παράμετροι που έχουν να κάνουν με το <u>έργο παραγωγής θερμότητας</u> και με το <u>έργο ηλεκτροπαραγωγής.</u>

Για την ξενοδοχειακή μονάδα που θέλουμε να υλοποιήσουμε συμπληρώνουμε τα ακόλουθα πεδία:

<u>Έργο παραγωγής θερμότητας</u>

Σχεδιασμός Φορτίου και Δικτύου RETScreen - Εργο συμπαραγωγής θερμότητας & ηλεκτρισμού

Εργο παραγωγής θερμότητας	Μονάδα		
Σύστημα θέρμανσης βασικής περίπτωσης		Μεμονωμένο κτίριο - θέρμανση χώρων	
Θερμαινόμενη επιφάνεια δαπέδου του κτιρίου	m²	2.400	
Τύπος Καυσίμου		Ντίζελ (#2 πετρέλαιο) - L	
Εποχιακή απόδοση	%	70%	
Υπολογισμός φορτίου θέρμανσης			
Φορτίο θέρμανσης για κτίριο	W/m²	52,5	
Ζήτηση βάσης οικιακού ζεστού νερού θέρμανσης	%	10%	
Συνολική απαίτηση θέρμανσης	MWh	205	
Συνολική αιχμή φορτίου θέρμανσης	kW	126,0	
Κατανάλωση καυσίμου - ετήσια	L	29.084	
Τιμή Καυσίμου	€/L	1,330	
Κόστος καυσίμου		€	38.682
Μέτρα ενεργειακής απόδοσης προτεινόμενης περίπτωσης			
Μέτρα ενεργειακής απόδοσης τελικής χρήσης	%	0%	
Καθαρή αιχμή φορτίου θέρμανσης	kW	126,0	
Καθαρή ζήτηση θέρμανσης	MWh	205	

Εικόνα 10-2: Στοιχεία θέρμανσης συμβατικής εγκατάστασης / Φύλλο Φορτίο και Δίκτυο

***Σύστημα θέρμανσης βασικής περίπτωσης*:** οι εναλλακτικές αφορούν μεμονωμένα ή πολλαπλά κτήρια και κατά πόσον αυτά χωρίζονται σε πολλαπλές ζώνες για να εξεταστούν τα θερμικά τους φορτία.

***Θερμαινόμενη επιφάνεια δαπέδου κτηρίου*:** προσεγγιστικά επιλέγεται η θερμαινόμενη επιφάνεια 2.400 m2 εκ των 3.821 m2 του ξενοδοχείου, αφού μόνο για τη συγκεκριμένη επιφάνεια υπάρχουν ανάγκες θέρμανσης, ενώ οι υπόλοιποι είναι βοηθητικοί χώροι. Επίσης, η επισκεψιμότητα του ξενοδοχείου δεν κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου, με αποτέλεσμα το ξενοδοχείο να μην λειτουργεί στη μέγιστη δυναμικότητα του, ιδιαίτερα τους χειμερινούς μήνες.

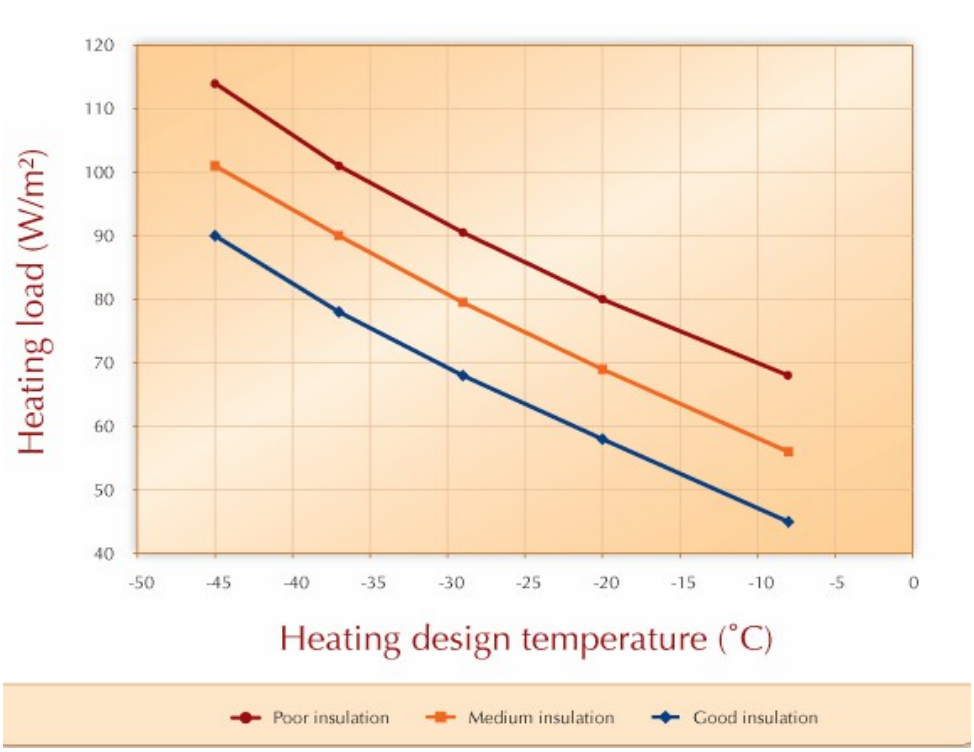
***Τύπος καυσίμου*:** Το καύσιμο που χρησιμοποιείται στους ήδη υπάρχοντες λέβητες του ξενοδοχείου είναι το πετρέλαιο.

***Εποχιακή Απόδοση*:** θεωρείται ίση με 70% και είναι η χαμηλότερη απόδοση του λέβητα κατά την διάρκεια ενός έτους. Το ποσοστό αυτό επιλέγεται λόγω της παλαιότητας του λέβητα. Ο παρακάτω πίνακας αναφέρει ενδεικτικές τιμές:

ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	ΕΠΟΧΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΤΥΠΙΚΟ ΜΠΟΙΛΕΡ	55-65%
ΜΠΟΙΛΕΡ ΜΕΣΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	65-75%
ΜΠΟΙΛΕΡ ΧΑΜΗΛΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	75-85%

Εικόνα 10-3: Τυπικές αποδόσεις μπόιλερ

Φορτίο θέρμανσης για κτήριο: Το φορτίο θέρμανσης επιλέχθηκε 52,5 W/m2, με τις τυπικές τιμές να κυμαίνονται μεταξύ των 40 και 120 W/m2, βάσει του RETScreen. Οι μικρότερες τιμές αναφέρονται στα περισσότερα θερμά κλίματα και η καμπύλη έχει τη μορφή του παρακάτω σχήματος:



Διάγραμμα 10-1: Θερμικό φορτίο συναρτήσει θερμοκρασίας

***Ζήτηση βάσης οικιακού ζεστού νερού θέρμανσης*:** θεωρείται ίση με 10% και επιλέγεται ως μέρος των συνολικών αναγκών θέρμανσης βάσει στατιστικών στοιχείων του RETScreen. Κατά προσέγγιση θεωρείται ότι σε ψυχρά κλίματα τα ποσοστά κυμαίνονται μεταξύ 0 και 25% και ότι ένα νοσοκομείο θα χρειαζόταν περίπου 25% της θερμικής του ενέργειας για Ζεστό Νερό Χρήσης, ενώ ένα γραφείο περίπου 10%. Το υπολειπόμενο ποσοστό αναγκών για Ζεστό Νερό Χρήσης(ΖΝΧ) καλύπτεται από ηλιακούς συλλέκτες που προϋπήρχαν στο ξενοδοχείο.

***Τιμή πετρελαίου*:** 1,33€/L

***Μέτρα ενεργειακής απόδοσης*:** 0% (δεν λαμβάνονται υπόψη στη μελέτη μας)

<u>Έργο ηλεκτροπαραγωγής</u>

Συμπληρώνονται τα δεδομένα για τις μηνιαίες τιμές του ηλεκτρικού φορτίου σε kW και η απόκλιση της αιχμής του φορτίου ηλεκτρισμού προς τον μηνιαίο μέσο όρο. Επίσης χρησιμοποιείται η τιμή αγοράς ρεύματος από το κεντρικό δίκτυο που είναι 0,20 €/kWh, όπως επεξηγήθηκε προηγουμένως.

Έργο ηλεκτροπαραγωγής	Μονάδα
Βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτροπαραγωγής	
Τύπος δικτύου	Κεντρικό δίκτυο

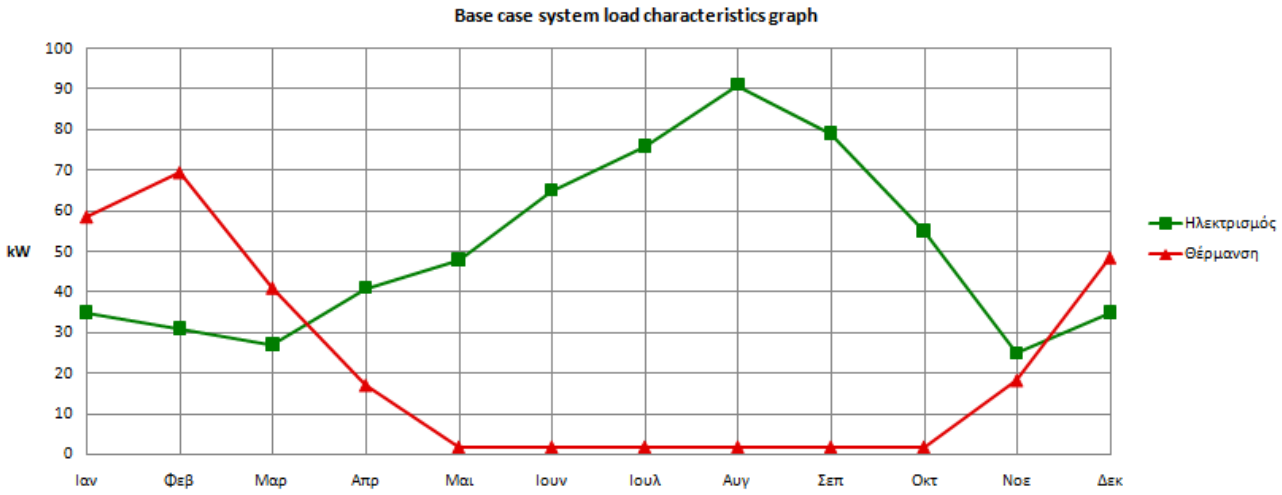
Χαρακτηριστικά φορτίου βασικής περίπτωσης

Μήνας		Μικτό μέσο φορτίο ηλεκτρισμού kW	Καθαρό μέσο φορτίο ηλεκτρισμού kW	Μέσο φορτίο θέρμανσης kW
Ιανουάριος		35	35	59
Φεβρουάριος		31	31	69
Μάρτιος		27	27	41
Απρίλιος		41	41	17
Μαίος		48	48	2
Ιούνιος		65	65	2
Ιούλιος		76	76	2
Αύγουστος		91	91	2
Σεπτέμβριος		79	79	2
Οκτώβριος		55	55	2
Νοέμβριος		25	25	18
Δεκέμβριος		35	35	48
Αιχμή φορτίου ηλεκτρισμού του συστήματος προς τον μέγιστο μηνιαίο μέσο όρο		48,0%		
Αιχμή φορτίου - ετήσιο		135	135	126
Ζήτηση ηλεκτρισμού	MWh	457	457	
Τιμή Ηλεκτρισμού - βασική περίπτωση	€/kWh	0,200	0,200	
Συνολικό κόστος ηλεκτρισμού		€ 91.415	€ 91.415	

Εικόνα 10-4: Μηνιαία φορτία ξενοδοχειακής εγκατάστασης

Η αιχμή ετήσιου ηλεκτρικού φορτίου είναι 135 kW, ενώ αντίστοιχα υπολογίζεται από το πρόγραμμα η αιχμή θερμικού φορτίου 126 kW, βάσει των μετεωρολογικών δεδομένων του RETScreen και του φορτίου θέρμανσης του κτιρίου. Τα φορτία αυτά πρέπει να ικανοποιούνται από το σύστημα μας. Επίσης υπολογίζεται ότι το συνολικό ετήσιο κόστος της συμβατικής μεθόδου ανέρχεται στις 91.415 € για τις 457 kWh που είναι η ηλεκτρική ζήτηση στο ξενοδοχείο.

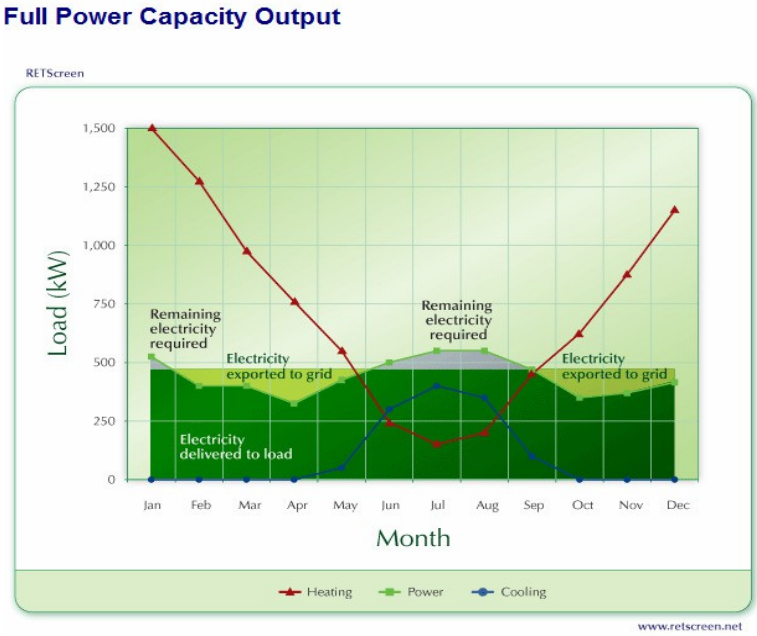
Η κατανομή του ηλεκτρικού και θερμικού φορτιού αποτυπώνεται στο ακόλουθο διάγραμμα του RETScreen:



Διάγραμμα 10-2: **Διάγραμμα διακύμανσης φορτίου**

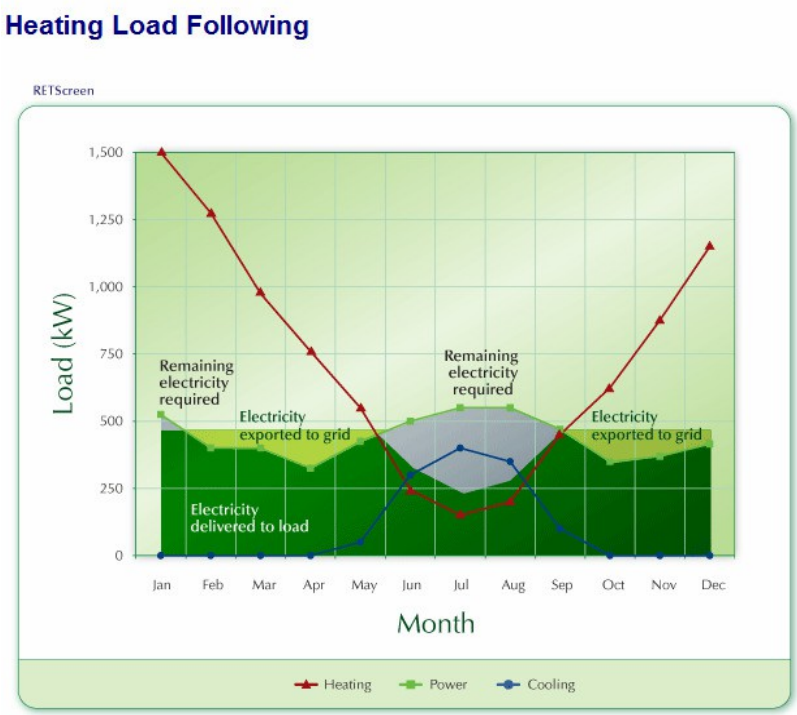
Παρατηρείται μια διαφοροποίηση στη μέγιστη ηλεκτρική και θερμική ζήτηση κατά τη διάρκεια του χρόνου. Για την μέγιστη θερμική ζήτηση αυτή παρατηρείται κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ η αντίστοιχη ηλεκτρική κατά τους θερινούς λόγω του κλίματος της περιοχής.
Σε αυτό το σημείο επιλέγεται ο εξοπλισμός που θα χρειαστεί για το νέο ενεργειακό μοντέλο, η στρατηγική που χαράσσεται και η βιωσιμότητα του έργου. Ιδιαίτερη αναφορά αξίζει να γίνει στις διαφορετικές στρατηγικές που μπορούν να ακολουθηθούν αναφορικά με τη λειτουργία της εγκατάστασης.

Αν ακολουθηθεί στρατηγική πλήρους αποδιδόμενης ηλεκτρικής ισχύος, το σύστημα αποδίδει πλήρη ισχύ και σε περίπτωση μικρότερης ζήτησης από την αποδιδόμενη, η διαφορά τους πωλείται στο κεντρικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Παρατηρούμε από το παρακάτω ενδεικτικό διάγραμμα του RETScreen ότι κατά την περίοδο των χειμερινών μηνών, οι ανάγκες για ηλεκτρικό φορτίο είναι μικρότερες συγκριτικά με τους καλοκαιρινούς μήνες, με αποτέλεσμα εκείνη την περίοδο να παράγεται περίσσια ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ αντίθετα τους καλοκαιρινούς μήνες δεν επαρκεί η δυναμικότητα της εμβολοφόρου μηχανής για να καλυφθούν οι ανάγκες, οπότε αγοράζεται ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο της ΔΕΗ. Το θερμικό και το ψυκτικό φορτίο ακολουθούν αντίθετη πορεία, όπως αναφέρθηκε και πρωτύτερα, λόγω των μετεωρολογικών συνθηκών στη περιοχή της Κρήτης, με ήπιο χειμώνα και πολύ θερμό καλοκαίρι.



Διάγραμμα 10-3: Διάγραμμα φορτίου ανά μήνα για πλήρη αποδιδόμενη ισχύ

Εφαρμόζοντας την στρατηγική κάλυψης θερμικού φορτίου, δεν υπάρχει κάλυψη των ψυκτικών και ηλεκτρικών απαιτήσεων τους θερινούς μήνες που λειτουργεί σε πληρότητα το ξενοδοχείο. Έτσι καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου εκτός του καλοκαιριού, ηλεκτρική ενέργεια πλεονάζει και πωλείται στο δίκτυο της ΔΕΗ, ενώ τους καλοκαιρινούς μήνες απαιτείται η πλήρωση των αναγκών σε ηλεκτρικό φορτίο αγοράζοντας ενέργεια από την ΔΕΗ.



Διάγραμμα 10-4: Διάγραμμα φορτίου ανά μήνα για κάλυψη θερμικού φορτίου

Από τη σύγκριση των παραπάνω στρατηγικών προκύπτει ότι ηλεκτρική ενέργεια εξέρχεται από το σύστημα στο κεντρικό δίκτυο της ΔΕΗ μόνο στις περιπτώσεις της πλήρους αποδιδόμενης ισχύος και της κάλυψης θερμικού φορτίου κατά τη διάρκεια όλο του χρόνου εκτός από τους θερινούς μήνες, που η ζήτηση φτάνει στο μέγιστο σημείο της. Ωστόσο, τα μεγαλύτερα ποσά πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτουν στην περίπτωση της πλήρους αποδιδόμενης ισχύς, που η εμβολοφόρος μηχανή λειτουργεί στη μέγιστη δυναμικότητα της. Ένα κοινό σημείο που προκύπτει από τα παραπάνω διαγράμματα είναι ότι η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας είναι αναγκαία κατά τους θερινούς μήνες ανεξάρτητα από την στρατηγική που ακολουθείται, αφού η δυναμικότητα του εμβολοφόρου κινητήρα δεν μπορεί να καλύψει την αυξημένη ζήτηση.

10.3 Ενεργειακό μοντέλο

Η μονάδα δεν λειτουργεί με βάση της πραγματικές ανάγκες, αλλά με βάση τα ονομαστικά μεγέθη αυτής. Στην περίπτωση αυτή ένα μέρος της παραγωγής πωλείται στο δίκτυο με επιδοτούμενη τιμή, η οποία θεωρείται 0,17 €/kWh, όπως διαπιστώνουμε από στοιχεία του ΛΑΓΗΕ για το 2012.

ΠΛΗΡΩΜΕΣ (m€) & ΜΕΣΟΣΤΑΘΜΙΚΗ ΤΙΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (€/MWh) ΑΠΕ/ ΣΗΘΥΑ για το έτος 2012

Μήνας	Αιολικά		Φ/Β		Φ/Β Στέγες **		ΜΗΥΣ		Βιοαέριο-Βιομάζα		ΣΗΘΥΑ		Σύνολο	
	m€	€/MWh	m€	€/MWh	m€	€/MWh	m€	€/MWh	m€	€/MWh	m€	€/MWh	m€	€/MWh
Ιαν	33,3	90,7	22,6	435,1	5,0	548,2	4,3	87,0	1,8	103,9	3,1	168,3	70,1	136,6
Φεβ *	26,7	90,8	20,0	436,9	3,6	550,0	5,4	88,0	1,6	101,6	2,9	172,8	60,2	136,6
Μαρ	23,8	90,9	31,5	431,8	4,7	549,7	7,3	87,9	1,7	102,6	2,8	175,1	71,9	156,4
Απρ	34,1	91,9	36,9	433,7	5,5	553,2	8,2	89,4	1,7	104,1	2,3	180,0	88,6	151,1
Μάι	22,9	92,4	42,6	431,3	10,5	548,0	7,5	89,3	1,7	104,2	2,1	179,0	87,3	182,8
Ιουν *	30,7	92,6	79,5	435,5	10,9	549,9	5,1	89,3	1,7	104,5	1,5	176,5	129,4	210,3
Ιουλ	31,6	93,5	59,0	423,8	15,6	550,0	3,2	89,3	1,7	103,4	1,0	170,5	111,9	199,0
Αυγ	30,4	93,4	61,7	423,1	18,8	550,0	2,7	89,3	1,7	103,7	0,9	173,4	116,3	208,3
Σεπ	26,3	92,9	62,4	420,8	22,8	550,0	2,1	89,3	1,7	103,9	1,0	184,8	116,3	224,3
Οκτ *	26,9	92,0	104,6	433,1	21,8	550,1	2,5	89,3	1,7	104,1	2,5	148,1	160,0	252,2
Νοε	34,0	92,0	45,1	423,0	20,8	550,0	3,8	89,3	1,7	105,2	2,7	165,5	108,2	183,5
Δεκ	34,0	92,4	40,9	423,0	13,5	550,0	7,4	89,3	1,9	106,3	2,6	169,1	100,3	165,8
Σύνολο Έτους	354,7	92,1	606,8	428,8	153,5	549,9	59,6	88,9	20,4	104,0	25,3	170,2	1.220	186,0

* Μήνες εκκαθάρισης για τα Φ/Β Χαμηλής Τάσης.

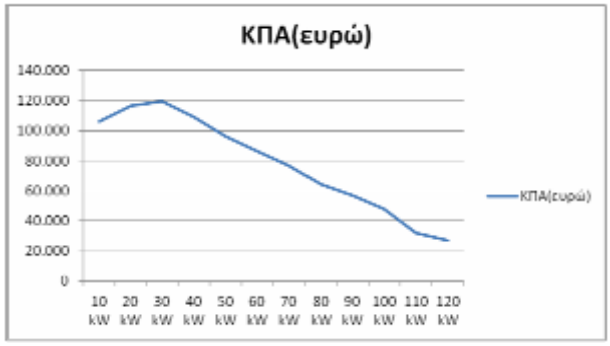
** Στα μηνιαία στοιχεία των Προμηθευτών για τα Φ/Β στεγών περιλαμβάνονται και αναδρομικές διορθώσεις είτε στην ενέργεια είτε στις πιστώσεις,με επακόλουθο να μην υπάρχει πλήρης αντιστοίχιση των δύο μεγεθών και να προκύπτει μικρή απόκλιση σε αυτές τις περιπτώσεις από την τιμή των 550 €/MWh.

Εικόνα 10-5: Τιμές πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας

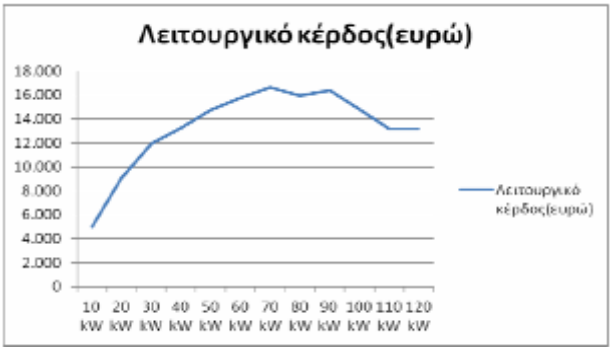
Όσον αφορά την επιλογή εμβολοφόρου μηχανής ως κύριας τεχνολογίας για το προτεινόμενο σύστημα συμπαραγωγής βασίζεται στο ότι οι παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης κυριαρχούν στα συστήματα συμπαραγωγής πολύ μικρής κλίμακας. Για εφαρμογές μέχρι 30 kW οι μηχανές που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως κινητήρες Otto (έναυση με σπινθήρα), ενώ για μεγαλύτερες εφαρμογές κυριαρχούν οι κινητήρες Diesel (έναυση με συμπίεση). Στους κινητήρες Otto το μείγμα αέρα - καυσίμου συμπιέζεται από τους κυλίνδρους του κινητήρα και η έναυση προκαλείται από τη δημιουργία ηλεκτρικού σπινθήρα μέσω ενός εξωτερικού ηλεκτρικού κυκλώματος. Σε αντίθεση με αυτούς, στους κινητήρες Diesel το μείγμα αέρα-καυσίμου συμπιέζεται στους κυλίνδρους και η έναυση προκαλείται από την υψηλή συμπίεση και τη θερμοκρασία που δημιουργείται στον κύλινδρο. Και στις δύο περιπτώσεις η μηχανική ισχύς του κινητήρα περιστρέφει την ηλεκτρογεννήτρια και παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα, ενώ η θερμότητα από το καυσαέριο, το νερό της ψύξης και το λιπαντικό έλαιο του κινητήρα ανακτάται με τη βοήθεια εναλλακτών και χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των κτιρίων. Η επιλογή της ισχύος του κινητήρα έγινε πραγματοποιώντας δοκιμές με διαφορετικές τιμές ισχύος μέχρι να καταλήξουμε στα καλύτερα οικονομικά αποτελέσματα. Στη περίπτωση αυτή επιλέγεται εμβολοφόρος μηχανή με ισχύ 30 kW, ώστε να ικανοποιείται το φορτίο βάσης και να εξάγονται τα πιο οικονομικά συμφέροντα αποτελέσματα σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

Ισχύς κινητήρα(kW)	ΚΠΑ (€)	Λειτουργικό κέρδος(€)
10	125.781	5.020
20	138.364	9.089
30	142.469	11.961
40	131.490	13.225
50	117.657	14.770
60	107.008	15.768
70	97.210	16.621
80	83.781	15.949
90	76.588	16.355
100	63.531	14.810
110	51.075	13.131
120	45.075	13.131

Εικόνα 10-6: Ισχύς εμβολοφόρου μηχανής συναρτήσει ΚΠΑ και λειτουργικού κέρδους



Διάγραμμα 10-5: Διάγραμμα ΚΠΑ συναρτήσει ισχύος



Διάγραμμα 10-6: Διάγραμμα ΚΠΑ συναρτήσει λειτουργικού κέρδους

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί από τον πίνακα με κριτήριο την Καθαρά Παρούσα Αξία του έργου για κάθε ισχύ εμβολοφόρου μηχανής, θα προτιμηθεί η εγκατάσταση των 30 kW, η οποία εκτιμάται ότι αποφέρει Καθαρά Παρούσα Αξία του έργου ίση με 142.469€ για στρατηγική κάλυψης φορτίου θέρμανσης. Από την τιμή του λειτουργικού κέρδους, το οποίο εκφράζει την διαφορά του μικτού κέρδους μείον τις συνολικές δαπάνες(χωρίς αποσβέσεις και φόρους), για κάθε μία εναλλακτική επιλογή, παρατηρούμε ότι κρίνεται ως πλέον συμφέρουσα η επιλογή των 70 kW. στόσο, η ευνοϊκή αυτή τιμή του λειτουργικού κέρδους σε ετήσια βάση, δεν μπορεί να υπερκεράσει το κόστος για την εγκατάσταση μεγαλύτερης ισχύος, με κατάληξη στην αγορά κινητήρα των 30 kW.

Τα χαρακτηριστικά του συστήματος ηλεκτρισμού προτεινόμενης περίπτωσης συμπληρώνονται στο RETScreen ως εξής:

Σύστημα ηλεκτρισμού προτεινόμενης περίπτωσης				
Επιλογή Συστήματος	Σύστημα φορτίου βάσης			
Σύστημα του ηλεκτρικού φορτίου βάσης				
Τεχνολογία	Εμβολοφόρος μηχανή			
Διαθεσιμότητα	%		95,0%	8.322 ώρα
Μέθοδος επιλογής καυσίμου	Μόνο ένα καύσιμο			
Τύπος Καυσίμου	Ντίζελ (#2 πετρέλαιο) - L			
Τιμή Καυσίμου	€/L	1,330		
Εμβολοφόρος μηχανή				
Ηλεκτρική ισχύς	kW	30	19,4%	
Ελάχιστη ισχύς	%	30,0%		
Ηλεκτρική ενέργεια αποδιδόμενη στο φορτίο	MWh	102	22,1%	
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	2		
Κατασκευαστής	GM			
Μοντέλο	FIRE			1 μονάδα(-ες)
Ειδική κατανάλωση θερμότητας	kJ/kWh	9.500		
Απόδοση ανάκτησης θερμότητας	%	80,0%		
Απαιτούμενη ποσότητα καυσίμου	GJ/ώρα	0,3		
Ισχύς θέρμανσης	kW	39,3	31,2%	

Εικόνα 10-6

Επιλογή Συστήματος: Σύστημα φορτίου βάσης. Οι διαθέσιμες επιλογές είναι Σύστημα φορτίου βάσης και ενδιαμέσου φορτίου, όπου η λειτουργία με φορτίο βάσης σημαίνει 90% του χρόνου αποδοτική και χαμηλού κόστους παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ με ενδιάμεσο φορτίο λειτουργούν οι μονάδες που κλείνουν τις πρώτες πρωινές ώρες και παράγουν μέγιστη ισχύ κατά τη διάρκεια της μέρας και κατά τις περιόδους αιχμής της ζήτησης.

Τεχνολογία: Εμβολοφόρος μηχανή

Διαθεσιμότητα: ώρες ή ποσοστό επί τοις εκατό ετήσιας διαθεσιμότητας του συστήματος ετησίως. Οι συνήθεις τιμές κυμαίνονται από 91,3% μέχρι 95,9%

Μέθοδος επιλογής καυσίμου: επιλέγονται ένα ή πολλαπλά καύσιμα

Τύπος καυσίμου: το καύσιμο που επιλέγουμε είναι το desiel

Τιμή καυσίμου: 1,33 €/L

Ηλεκτρική ισχύς: 30 kW

Ελάχιστη ισχύς: 30%, είναι η ελάχιστη ισχύς που το σύστημα λειτουργεί

Ειδική κατανάλωση θερμότητας: 9.500 kJ/kWh, εκφράζει την ποσότητα καυσίμου που εισρέει στο σύστημα (σε kJ ή Btu) και απαιτείται για να παραχθεί μια kWh ηλεκτρικής ενέργειας

Απόδοση ανάκτησης θερμότητας: 80%. Οι συνήθεις τιμές κυμαίνονται από 50-80% και ο τρόπος υπολογισμού είναι διαιρώντας την αποδιδόμενη θερμότητα προς την διαφορά της εισερχόμενης ισχύος στο σύστημα με την αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύ.

10.4 Ανάλυση Κόστους

Για την πραγματοποίηση ή όχι ενός έργου απαιτείται μια οικονομική ανάλυση της επιθυμητής επένδυσης, βάση συγκεκριμένων πεδίων που εξετάζονται στο τρίτο φύλλο εργασίας του προγράμματος RETScreen 4. Αυτά είναι:

(a) Αρχικό κόστος:

(1) Μελέτη σκοπιμότητας

(2) Ανάπτυξη του έργου

(3) Μηχανολογικά

(4) Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

(5) Σύστημα θέρμανσης

(6) Ισοζύγιο του συστήματος & διάφορα έξοδα

(b) Ετήσια κόστη

(c) Περιοδικά κόστη

Αναλυτικά:

(a) Αρχικό κόστος:

Η ενότητα με τα αρχικά κόστη του έργου αποτελείται από πέντε υποενότητες:

(1) Μελέτη Σκοπιμότητας

Στην πρώτη υποενότητα συμπληρώνονται τα αρχικά κόστη της επένδυσης. Τα κόστη αυτά περιλαμβάνουν μελέτη της τοποθεσίας εγκατάστασης, του βασικού σχεδιασμού, της ετοιμασίας αναφορών σχετικά με το έργο και τις διάφορες μετακινήσεις των υπευθύνων για διαπραγματεύσεις.
Απαραίτητη είναι η αξιολόγηση των φυσικών πόρων και η εγκατάσταση μετεωρολογικών σταθμών στην περιοχή πραγματοποίησης του έργου, ετσι ώστε να έχουμε ακριβείς μετρήσεις. Αυτή η εγκατάσταση αποτελεί και το μεγαλύτερο μέρος των εξόδων που αφορούν τη μελέτη σκοπιμότητας.
Στο τέλος της υποενότητας υπολογίζεται το συνολικό κόστος των διαδικασιών.

Για το συγκεκριμένο έργο το υπολογιζόμενο κόστος της μελέτης σκοπιμότητας, ανέρχεται στο ποσό των 4.000 €.

(2) Ανάπτυξη

Στη δεύτερη υποενότητα διαδικασιών, περιλαμβάνονται οι διαδικασίες ανάπτυξης του έργου. Συγκεκριμένα, στην κατηγορία αυτή έχουμε τα κόστη από αδειοδοτήσεις και εγκρίσεις αιτήσεων, τη συνολική διαχείριση του έργου και πιθανές μετακινήσεις των υπευθύνων για τη διεκπεραίωση τέτοιων διαδικασιών.

Για την παρούσα μελέτη ο προυπολογισμός για την ανάπτυξη του έργου ανέρχεται στο ποσό των 4.000 €.

(3) Μηχανολογικά

Η τρίτη υποενότητα διαδικασιών περιλαμβάνει τα κόστη κατασκευής του έργου. Τα κόστη αυτά αφορούν το σχεδιασμό του συστήματος, το σχεδιασμό της συνολικής υποδομής του συστήματος, την υποδομή των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, τα κόστη διεκπεραίωσης γραφειοκρατικών δραστηριοτήτων και συμβολαίων και την επίβλεψη του έργου.

Η απαραίτητη επίβλεψη του μηχανικού καθ'όλη τη διάρκεια του έργου μαζί με τον αναγκαίο ηλεκτρολογικό, μηχανολογικό και οικοδομικό σχεδιασμό, την προκήρυξη διαγωνισμών και την υπογραφή συμβάσεων, επιβαρύνουν το κόστος της επένδυσης κατά 7.000 €.

(4) Σύστημα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας

Στην τέταρτη υποενότητα διαδικασιών, λαμβάνονται υπόψη τα έξοδα που οφείλονται στην απόκτηση του απαραίτητου εξοπλισμού για την ολοκλήρωση του έργου.
Τέτοια έξοδα αποτελούν το κόστος εμβολοφόρου μηχανής (30kW): 500 €/kW = 15.000 €.

(5) Σύστημα θέρμανσης

Ένα ποσό των 30.000 € είναι αρκετό για το σύστημα θέρμανσης εμβολοφόρου μηχανής, του λέβητα, τα διάφορα ανταλλακτικά και ο εξοπλισμός.

(6) Ισοζύγιο του συστήματος & Διάφορα έξοδα

Στην έκτη υποενότητα προβλέπεται η συμπλήρωση διάφορων εξόδων που δεν εμπίπτουν σε καμία από τις παραπάνω τέσσερις διαδικασίες, καθώς και τυχόν αποκλίσεις από τις εκτιμήσεις των εξόδων που περιγράφηκαν πριν, ως ποσοστό του συνολικού κόστους όλων αυτών των δραστηριοτήτων.

Το κόστος των ανταλλακτικών υπολογίζεται στο 3% του συνολικού ποσού.

Η μεταφορά κοστολογείται ανάλογα με τον προορισμό τους. Συγκεκριμένα για την κρήτη το κόστος αυτό ανέρχεται στο ποσό του 1000 €.

Προβλέπεται και ένα επιπλέον 10% επι του συνολικού κόστους αυτής της υποενότητας για τυχόν έκτακτα εξόδα που αφορούν τις δραστηριότητες αυτές.

Τέλος μπορούμε να προσθέσουμε κάποιους 6μηνιαίους τόκους κατα την κατακευή.

Για κατασκευές μεγάλης διάρκειας είναι απαραίτητο να λαμβάνεται υπόψην και η μεταβολή της αξίας του χρήματος, κάτι που δεν θα μας απασχολήσει στην συγκεκριμένη επένδυση αφού το πάρκο θα έχει ολοκληρωθεί σε διάστημα μισού έτους.

Αθροίζοντας τα συνολικά κόστη των πέντε υποενοτήτων, προκύπτει το συνολικό αρχικό κόστος του έργου που είναι **68.438 €**.

Αρχικό κόστος (πιστώσεις)	Μονάδα	Ποσότητα	Μονάδα κόστους	Ποσό	Σχετικό κόστος
Μελέτη σκοπιμότητας					
Μελέτη σκοπιμότητας	κόστος	1	€ 4.000	€ 4.000	
Υπο-σύνολο:				€ **4.000**	5,8%
Ανάπτυξη					
Ανάπτυξη	κόστος	1	€ 4.000	€ 4.000	
Υπο-σύνολο:				€ **4.000**	5,8%
Μηχανολογικά					
Μηχανολογικά	κόστος	1	€ 7.000	€ 7.000	
Υπο-σύνολο:				€ **7.000**	10,2%
Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας					
Φορτίο βάσης - Εμβολοφόρος μηχανή	kW	30,00	€ 500	€ 15.000	
Φορτίο αιχμής - Ηλεκτρισμός Δικτύου	kW	110,00		€ -	
Εργα οδοποιίας	km			€ -	
Γραμμή μεταφοράς ηλεκτρισμού	km			€ -	
Υποσταθμός	έργο			€ -	
Μέτρα ενεργειακής απόδοσης	έργο			€ -	
Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος			€ -	
				€ -	
Υπο-σύνολο:				€ **15.000**	21,9%
Σύστημα θέρμανσης					
Φορτίο βάσης - Εμβολοφόρος μηχανή	kW	39,3	€ 200	€ 7.867	
Φορτίο αιχμής - Λέβητας	kW	130,0	€ 75	€ 9.750	
Μέτρα ενεργειακής απόδοσης	έργο			€ -	
Συσκευές και εξοπλισμός - πίστωση	πίστωση	126	€ 100	€ (12.600)	
Ανταλλακτικά	κόστος	100	€ 250	€ 25.000	
Υπο-σύνολο:				€ **30.017**	43,9%
Ισοζύγιο συστήματος & διάφορα					
Ανταλλακτικά	%			€ -	
Μεταφορά	έργο	1	€ 1.000	€ 1.000	
Εκπαίδευση & θέση σε λειτουργία	ανά ημέρα	20	€ 60	€ 1.200	
Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος			€ -	
Απρόβλεπτα	%	10,0%	€ 62.217	€ 6.222	
Τόκος κατά την κατασκευή	0,00%	6 μήνας(ες)	€ 68.438	€ -	
Υπο-σύνολο:				€ **8.422**	12,3%
Συνολικά αρχικά κόστη				€ **68.438**	100,0%

Εικόνα 10-7

(b) Ετήσια κόστη:

Στην ενότητα αυτή περιγράφονται τα ετήσια κόστη που προκύπτουν από την εφαρμογή του έργου.

Ετήσια κόστη (πιστώσεις)	Μονάδα	Ποσότητα	Μονάδα κόστους	Ποσό
Λειτουργία & Συντήρηση				
Τμήματα & Εργασία	έργο	100	€ 20	€ 2.000
Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος	1	€ 1.600	€ 1.600
Απρόβλεπτα	%	10,0%	€ 3.600	€ 360
Υπο-σύνολο:				€ **3.960**
Κόστος καυσίμου - προτεινόμενη περίπτωση				
Ελαφρύ πετρέλαιο (#2 πετρέλαιο)	L	35.727	€ 1,330	€ 47.516
Ηλεκτρική ενέργεια	MWh	255	€ 150,000	€ 38.229
Υπο-σύνολο:				€ **85.745**

Εικόνα 10-8

(c) Ετήσια εξοικονόμηση:

Ετήσια εξοικονόμηση	Μονάδα	Ποσότητα	Μονάδα κόστους	Ποσό
Κόστος καυσίμου - βασική περίπτωση				
Ελαφρύ πετρέλαιο (#2 πετρέλαιο)	L	29.084	€ 1,330	€ 38.682
Ηλεκτρική ενέργεια	MWh	460	€ 200,000	€ 91.987
Υπο-σύνολο:				€ **130.669**

Εικόνα 10-9

(d) Περιοδικά κόστη:

Στην ενότητα αυτή, υπολογίζονται τα περιοδικά κόστη του έργου. Τέτοια έξοδα αναφέρονται κυρίως στην περιοδική αντικατάσταση εμβολοφόρου μηχανής κόστους 35.000€ τον εντέκατο χρόνο.

Περιοδικά κόστη (πιστώσεις)	Μονάδα	Ετος	Μονάδα κόστους	Ποσό
Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος	11	€ 35.000	€ 35.000
				€ -
Τέλος διάρκειας ζωής έργου	κόστος			€ -

Εικόνα 10-10

10.5 Ανάλυση Εκπομπών

Η περιβαλλοντική αξιολόγηση των επενδύσεων αποτελεί αντικείμενο περαιτέρω μελέτης. Στην ανάλυση εκπομπών ορίζονται στοιχεία που χαρακτηρίζουν τη βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού. Συγκεκριμένα για την Κρήτη στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα ποσοστά συνεισφοράς διαφόρων τεχνολογιών, που εφαρμόζονται κατά τόπους, στην ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του τόπου (μίγμα καυσίμου). Οι απώλειες μεταφοράς και δικτύου υπολογίζονται σε 8% για την Κρήτη, λόγω και της μικρότερης έκτασης που πρέπει να καλυφθεί, συγκριτικά με την ηπειρωτική Ελλάδα. Οι συντελεστές εκπομπών υπολογίζονται από το RETScreen βάσει αυτών των στοιχείων και με σκοπό να χρησιμοποιηθούν αργότερα στη μελέτη.

Technology	Fuel	Annual electricity production in 2012
Steam turbines	Mazout	36.6%
Diesel generators	Mazout	23.6%
Gas turbines	Diesel	3.6%
Combined cycle (CC)	Diesel	15.7%
Wind turbines	-	15.8%
PVs	-	4.7%

Πίνακας 10-1

Ακολούθως το RETScreen συνοψίζει τις μειώσεις εκπομπών ΑΤΘ για το έργο συμπαραγωγής και τέλος υπολογίζει την καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ συγκρίνοντας τις εκπομπές της βασικής και της προτεινόμενης περίπτωσης.

Ανάλυση μείωσης εκπομπών RETScreen - Εργο συμπαραγωγής θερμότητας & ηλεκτρισμού

☑ Ανάλυση Εκπομπών

○ Μέθοδος 1
⦿ Μέθοδος 2
○ Μέθοδος 3

Δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης των ΑΤΘ
25 τόνοι CO2 = 0 τόνος CH4 (IPCC 2007)
298 τόνοι CO2 = 0 τόνος N2O (IPCC 2007)

Βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού (Σενάριο Αναφοράς)

Τύπος Καυσίμου	Μίγμα καυσίμου %	Συντελεστής εκπομπής CO2 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής CH4 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής N2O kg/GJ	Βαθμός απόδοσης παραγωγής ηλεκτρισμού %	Απώλειες M&Δ %	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ tn CO2/MWh
Πετρέλαιο (#6)	36,6%	77,8	0,0030	0,0020	30,0%		0,942
Πετρέλαιο (#6)	23,6%	77,8	0,0030	0,0020	30,0%		0,942
Ελαφρύ πετρέλαιο (#2 πετρέλαιο)	3,6%	73,3	0,0020	0,0020	30,0%		0,888
Ελαφρύ πετρέλαιο (#2 πετρέλαιο)	15,7%	73,3	0,0020	0,0020	30,0%		0,888
Αιολικό	15,8%	0,0	0,0000	0,0000	100,0%		0,000
Ηλιακό	4,7%	0,0	0,0000	0,0000	100,0%		0,000
Μίγμα Ηλεκτρισμού	100,0%	203,4	0,0073	0,0053		0,0%	0,738

☐ Αλλαγές στο Σενάριο Αναφοράς κατά τη διάρκεια ζωής του έργου

Περίληψη εκπομπών ΑΤΘ βασικού σεναρίου (σεναρίου αναφοράς)

Τύπος Καυσίμου	Μίγμα καυσίμου %	Συντελεστής εκπομπής CO2 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής CH4 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής N2O kg/GJ	Κατανάλωση καυσίμου MWh	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ tn CO2/MWh	Εκπομπές ΑΤΘ tn CO2
Ελαφρύ πετρέλαιο (#2 πετρέλαιο)	39,0%	73,3	0,0020	0,0020	293	0,266	78,1
Ηλεκτρική ενέργεια	61,0%	203,4	0,0073	0,0053	459	0,738	339,1
Σύνολο	100,0%	152,7	0,0052	0,0040	752	0,554	417,1

Περίληψη εκπομπών ΑΤΘ προτεινόμενης περίπτωσης (Εργο συμπαραγωγής θερμότητας & ηλεκτρισμού)

Τύπος Καυσίμου	Μίγμα καυσίμου %	Συντελεστής εκπομπής CO2 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής CH4 kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής N2O kg/GJ	Κατανάλωση καυσίμου MWh	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ tn CO2/MWh	Εκπομπές ΑΤΘ tn CO2
Ελαφρύ πετρέλαιο (#2 πετρέλαιο)	69,5%	73,3	0,0020	0,0020	360	0,266	95,9
Ηλεκτρική ενέργεια	30,5%	203,4	0,0073	0,0053	158	0,738	117,0
Σύνολο	100,0%	113,1	0,0036	0,0030	519	0,411	212,9
				Απώλειες M&Δ			
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	2		8,0%	0	0,738	0,1
						Σύνολο	213,0

Σύνοψη μείωσης εκπομπών ΑΤΘ

	Εκπομπές ΑΤΘ βασικής περίπτωσης tn CO2	Εκπομπές ΑΤΘ προτεινόμενης περίπτωσης tn CO2			Μικτή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ tn CO2	Τέλη συνναλαγών πιστώσεων εκπομπών ΑΤΘ %	Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ tn CO2
Εργο συμπαραγωγής θερμότητας & ηλεκτρισμού	417,1	213,0			204,1	0%	204,1
Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	204	tn CO2	ισοδυναμεί με	37,4	Αυτοκίνητα και ελαφριά φορτηγά δεν χρησιμοποιούνται		

Εικόνα 10-11

Η καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ ανέρχεται στους 204 tn CO2

10.6 Οικονομική Ανάλυση

Η οικονομική ανάλυση είναι αυτή που θα αποδείξει αν η μονάδα ΣΗΘ είναι οικονομικά βιώσιμη. Το συνολικό κόστος μιας εγκατάστασης ΣΗΘ αποτελείται κυρίως από:

• Κόστος επένδυσης:
Είναι το άθροισμα της αγοράς του συστήματος ΣΗΘ ή τριπαραγωγής, της σύνδεσης με τα δίκτυα παροχής καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας, των φίλτρων στο τμήμα καυσαερίων, των αγωγών, καλωδίων, συστημάτων ελέγχου και όλων των απαιτούμενων μηχανολογικών και περιβαλλοντικών μελετών.

• Κόστος λειτουργίας και συντήρησης:
Το κόστος καυσίμου της μηχανής ΣΗΘ (ή/και τριπαραγωγής) αποτελεί το κύριο λειτουργικό

κόστος. Προστίθενται τα έσοδα από τις πωλήσεις συμπαραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο και αφαιρούνται οι δαπάνες για την αγορά της απαιτούμενης για το κτήριο ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο. Το κόστος της εργασίας, των ανταλλακτικών και των άλλων εξαρτημάτων που απαιτούνται για την ετήσια συντήρηση του συστήματος ΣΗΘ, προστίθεται στο λειτουργικό κόστος.

Αποτέλεσμα της οικονομικής ανάλυσης είναι:
• ο υπολογισμός της περιόδου απόσβεσης της επένδυσης,
• της Καθαρής Παρούσας Αξίας και
• του εσωτερικού βαθμού απόδοσης.

Στην υποενότητα 10.6.1 θα βρεθεί το επικρατές σενάριο συγκρίνοντας τις τιμές της *Καθαρής Παρούσας Αξίας* για διαφορετικές περιπτώσεις εξυπηρέτησης του φορτίου του ξενοδοχείου, με την τιμή της Ηλεκτρικής Ισχύος, να αυξάνεται με βήμα 5 Kw., εφαρμόζοντας ένα μέσο σενάριο κατα το οποίο έχουμε 40% δάνειο, και 8% επιτόκιο αναγωγής.

Θα εφαρμοστούν διαφορετικές περιπτώσεις οπου θα διαφοροποιούνται <u>το επιτόκιο αναγωγής</u>, <u>το ποσοστό χρηματοδότησης</u> και <u>το ποσοστό της επιδότησης</u>.

Οι διαφορετικοί συνδυασμοί που θα γίνουν είναι οι ακόλουθοι:

10.6.2 Σενάριο χωρίς τραπεζικό δάνειο και χωρίς επιδότηση

10.6.3 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 30% του συνολικού κόστους - χωρίς επιδότηση

10.6.4 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 50% του συνολικού κόστους - χωρίς επιδότηση

10.6.5 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 70% του συνολικού κόστους - χωρίς επιδότηση

10.6.6 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 50% του συνολικού κόστους - <u>επιδότηση (25%)</u>

10.6.1 Εύρεση επικρατούς σεναρίου (επιτόκιο αναγωγής 10% - Δάνειο 50% - Χωρίς Επιδότηση)

Για να προκύψει το επικρατών σενάριο θα διαφοροποιηθεί η τιμή του ποσοστού κάλυψης της Ηλεκτρικής Ισχύος αυξάνοντάς το κατά 5% κάθε φορά.

Αφού εφαρμοστούν τα σενάρια θα συγκριθεί η καθαρή παρούσα αξία για τις επιμέρους περιπτώσεις και θα βγεί συμπέρασμα για το ποιά είναι η πιο συμφέρουσα.

Συγκεκριμένα στο φύλο “Οικονομική Ανάλυση” του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 10%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 50%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%

- περίοδος χρέους 15 έτη

Αιχμή φορτίου Ηλεκτρισμού	35,00%	40,00%	45,00%	50,00%	55,00%	60,00%	65,00%	70,00%
ΚΠΑ (€)	-5734	-5170	-4605	-4041	-3477	-2913	-2348	-1784

Πίνακας 10-2

Από τα παραπάνω αποτελέσματα μπορεί να βγεί το συμπέρασμα ότι βάση ΚΠΑ συμφέρει να επιλεγεί η τιμή 70% για το φορτίο Ηλεκτρισμού.

10.6.2 Σενάριο χωρίς τραπεζικό δάνειο - Χωρίς Επιδότηση

Επιτόκιο αναγωγής στο 6%:

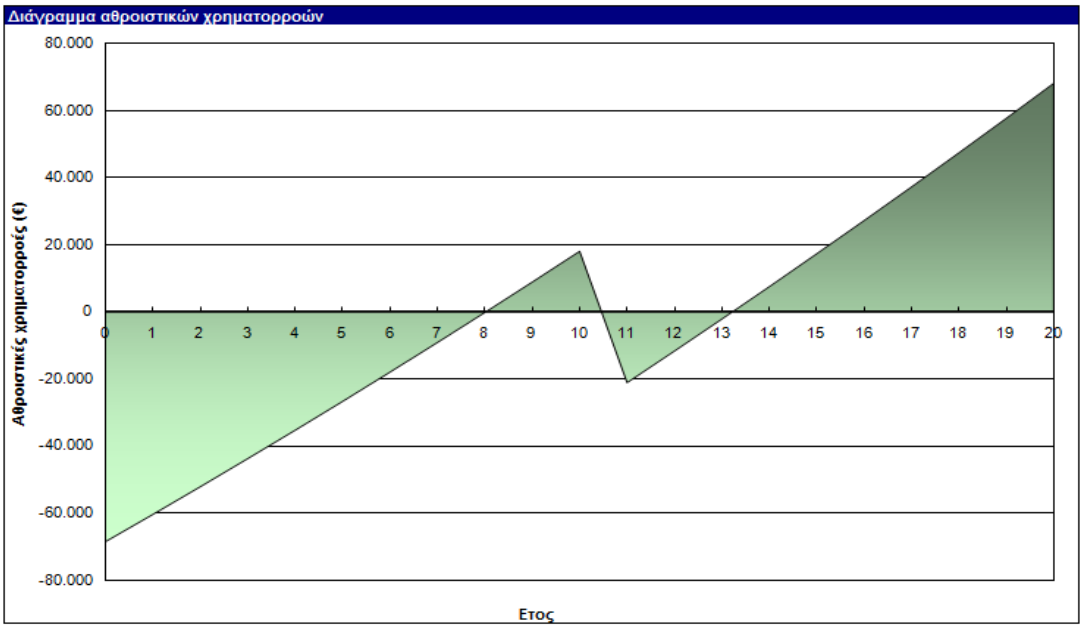
Αν και για τέτοιου μεγέθους επενδύσεις δεν είναι ρεαλιστική η πραγματοποίησή τους χωρίς τη χρήση δανείου, παρουσιάζεται ένα τέτοιο ενδεχόμενο για να ελέγξουμε τη βιωσιμότητα του έργου που μελετάμε.

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 6 %**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **Χωρίς Τραπεζικό δάνειο**

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 7,7%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 7,7%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 8,5 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 9.570 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 834 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1,14.



Εικόνα 10-11: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

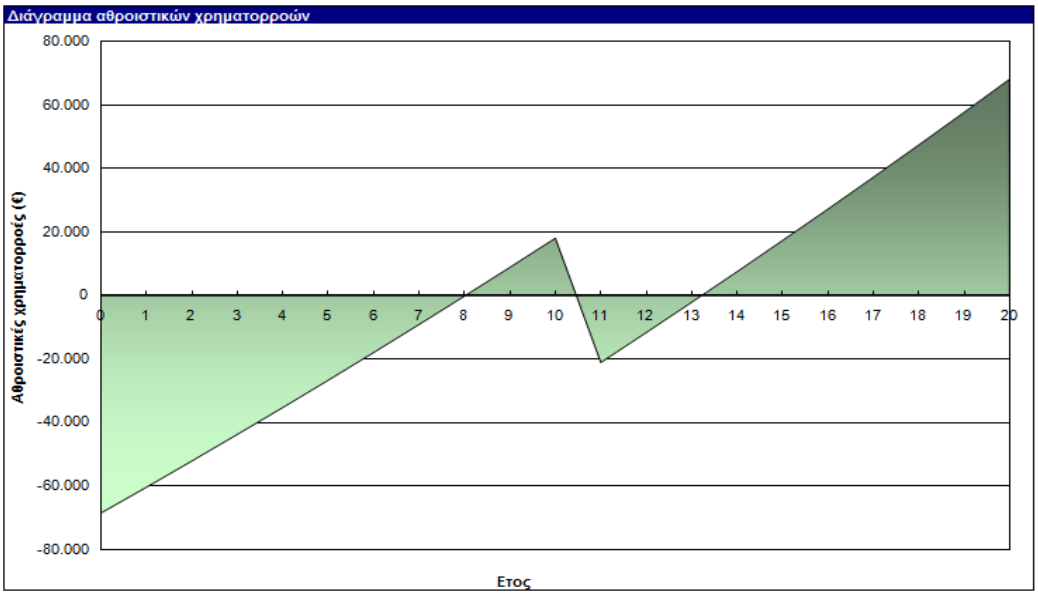
Επιτόκιο αναγωγής στο 8%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 8%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **Χωρίς Τραπεζικό δάνειο**

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 7,7%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 7,7%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 8,5 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -1.260 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -128 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,98.



Εικόνα 10-12: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

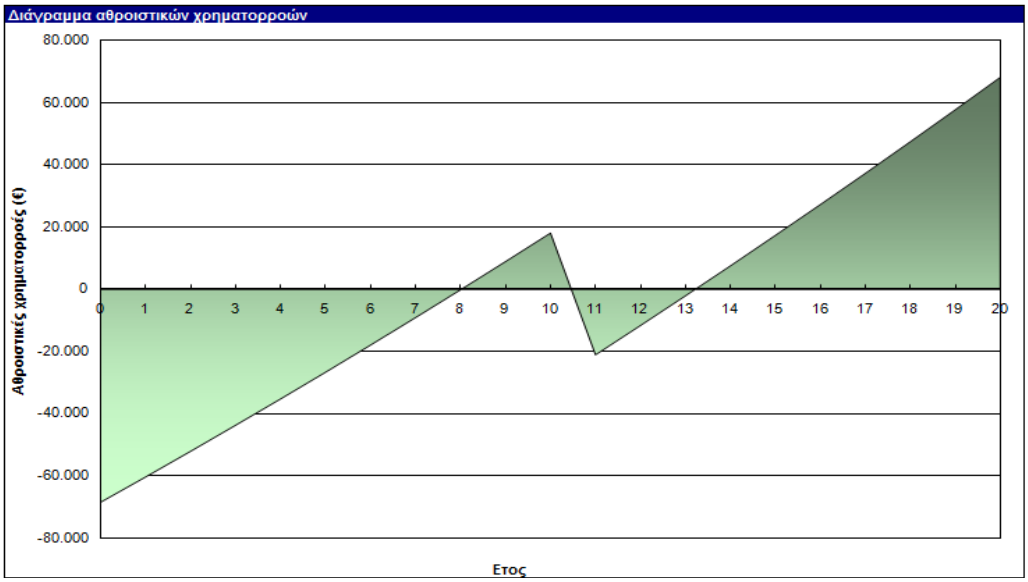
Επιτόκιο αναγωγής στο 10%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 10%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **Χωρίς Τραπεζικό δάνειο**

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 7,7%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 7,7%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 8,5 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -9.684 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -1.137 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,86.



Εικόνα 10-13: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

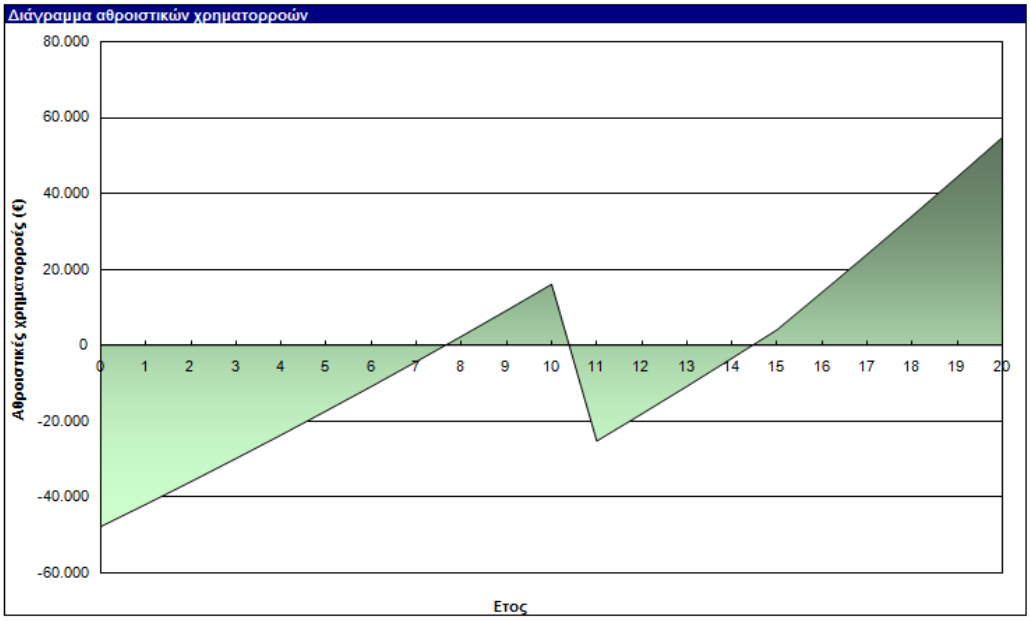
10.6.3 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 30% του συνολικού κόστους - Χωρίς Επιδότηση Επιτόκιο αναγωγής στο 6%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 6%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 30%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 8%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 8%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 8,5 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -8.207 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -716 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1,17.



Εικόνα 10-14: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

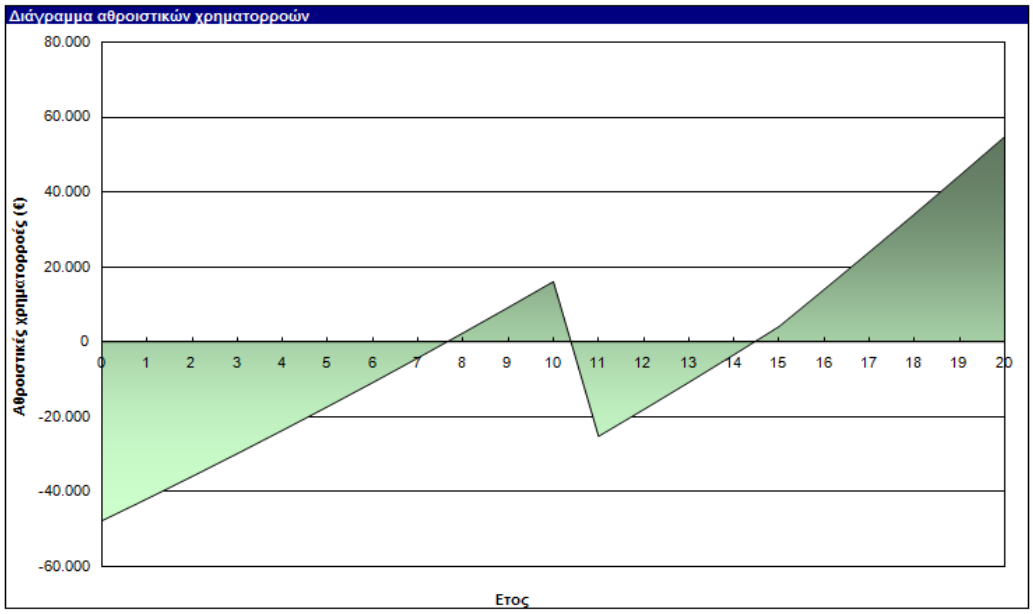
Επιτόκιο αναγωγής στο 8%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 8%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 30%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 8%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 8%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 8,5 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -23 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -2 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1,00.



Εικόνα 10-15: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

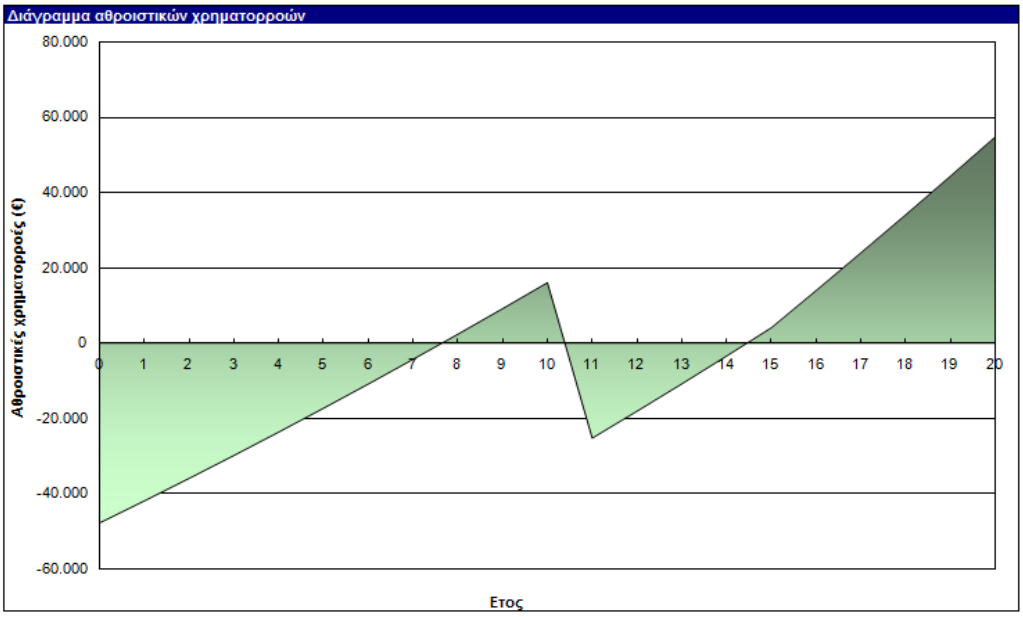
Επιτόκιο αναγωγής στο 10%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 10%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 30%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 8%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 8%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 8,5 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -6.298 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -740 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,87.



Εικόνα 10-16: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

10.6.4 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 50% του συνολικού κόστους - Χωρίς Επιδότηση

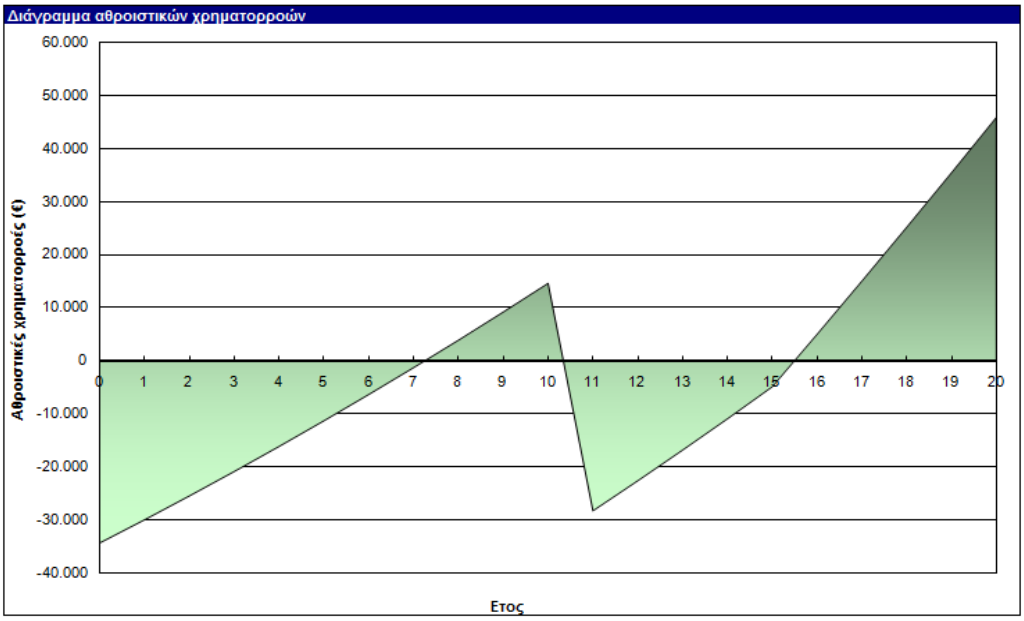
Επιτόκιο αναγωγής στο 6%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 6%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 50%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 8,3%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 8,3%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 8,5 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 7.299 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 636 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1,21.



Εικόνα 10-17: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

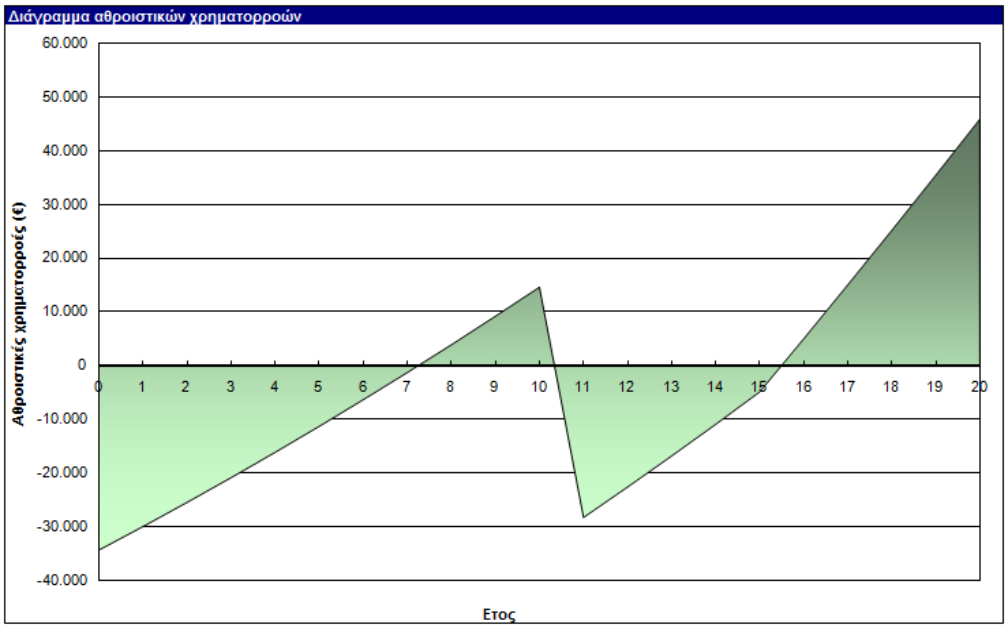
Επιτόκιο αναγωγής στο 8%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 8 %**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 50%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 8,3%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 8,3%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 8,5 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 801 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 82 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1,02.



Εικόνα 10-18: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

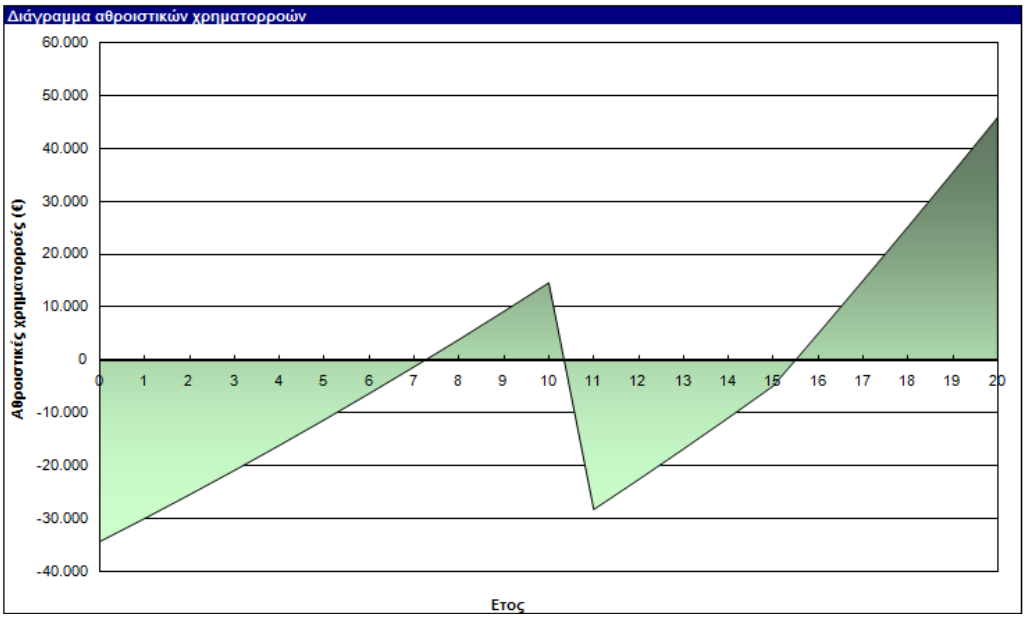
Επιτόκιο αναγωγής στο 10%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 10 %**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 50%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 8,3%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 8,3%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 8,5 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -4.041 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -475 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,88.



Εικόνα 10-19: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

10.6.5 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 70% του συνολικού κόστους - Χωρίς Επιδότηση

Επιτόκιο αναγωγής στο 6%:

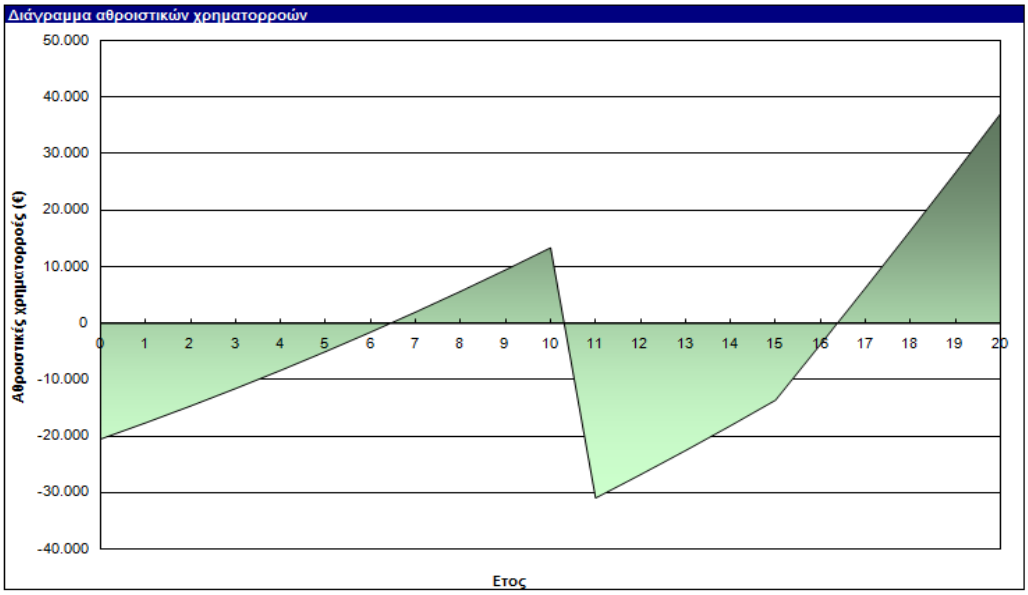
Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 6 %**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 70 %**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 8,9%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 8,9%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 8,5 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 6.391 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 557 €

- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1,31.



Εικόνα 10-20: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

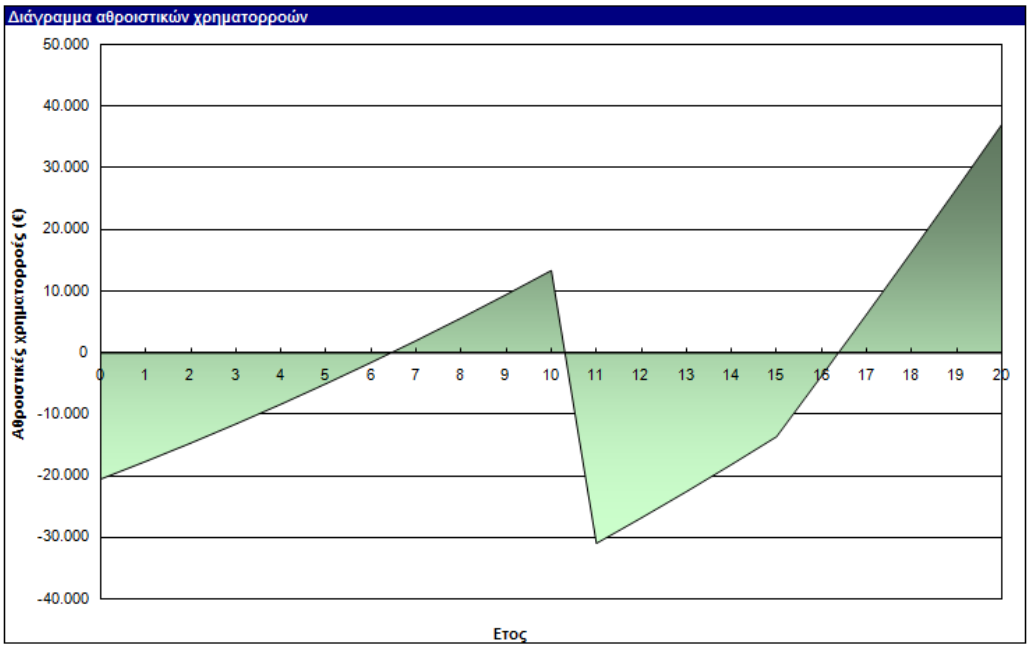
Επιτόκιο αναγωγής στο 8%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 8 %**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 70%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 8,9%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 8,9%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 8,5 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 1.625 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 166 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1,08.



Εικόνα 10-21: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

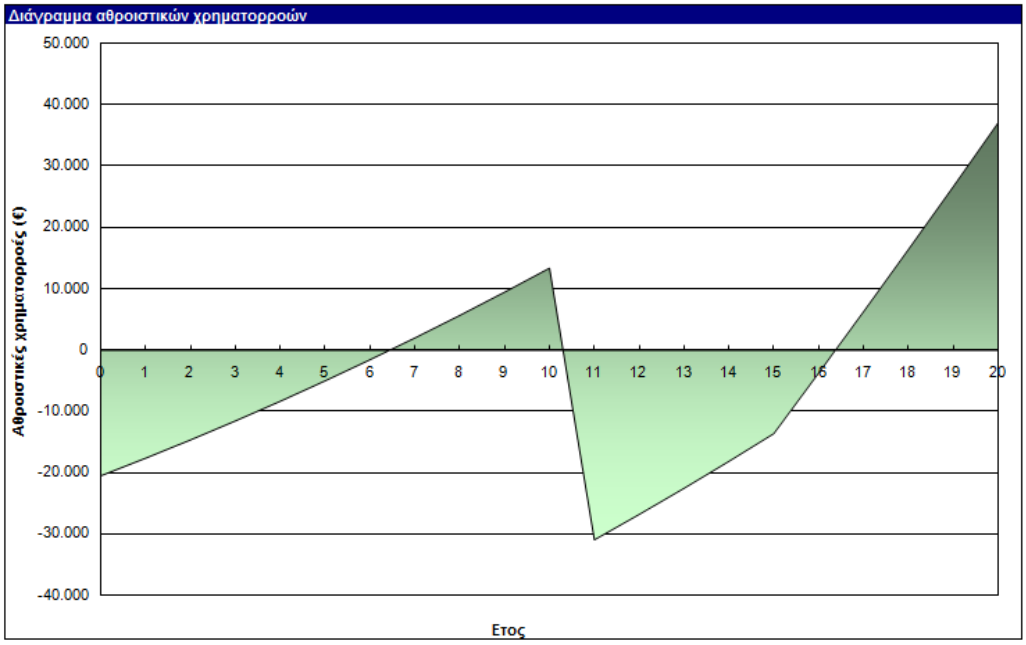
Επιτόκιο αναγωγής στο 10%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 10 %**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Χωρίς Επιδότηση**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 70%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 8,9%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 8,9%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 8,5 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα -1.784 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα -210 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 0,91.



Εικόνα 10-22: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

10.6.7 Σενάριο με τραπεζικό δάνειο 50% του συνολικού κόστους - <u>επιδότηση (25%)</u>

Επιτόκιο αναγωγής στο 6%:

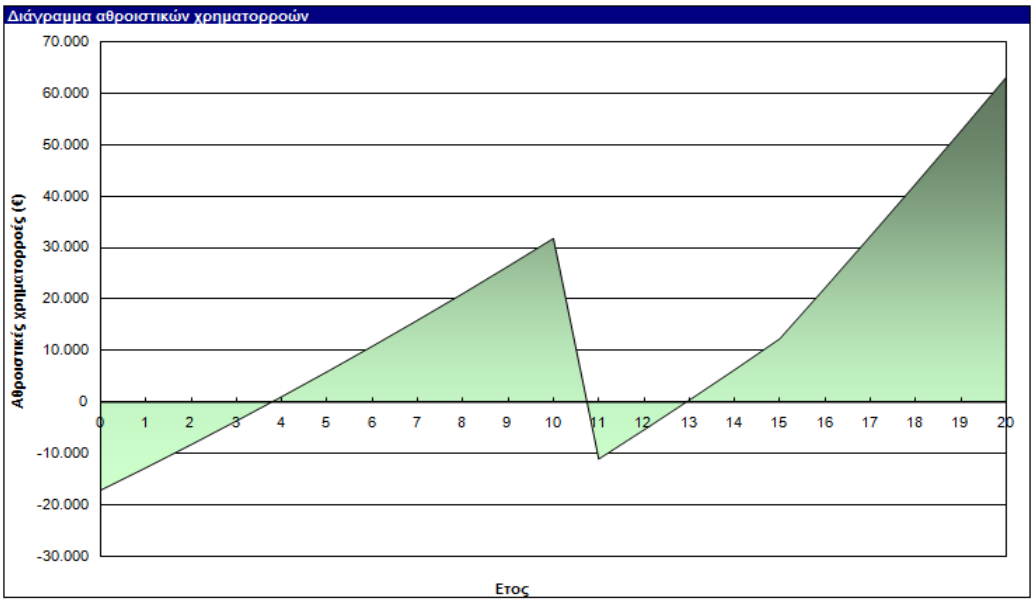
Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 6%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Επιδότηση 25%**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 50%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 21,5%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 21.5%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 6,4 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 24.408 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 2.128 €

- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1,71.



Εικόνα 10-23: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

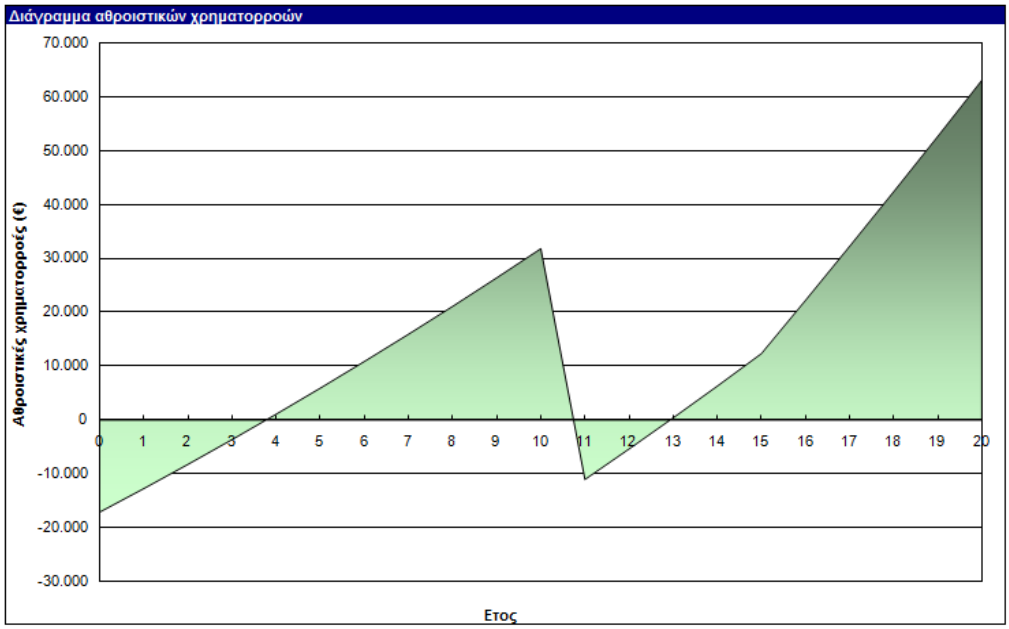
Επιτόκιο αναγωγής στο 8%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 8%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Επιδότηση 25%**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 50%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 21,5%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 21.5%
- ο απλός χρόνος απολληρωμής τα 6,4 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 17.910 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 1.824 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1.52



Εικόνα 10-24: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

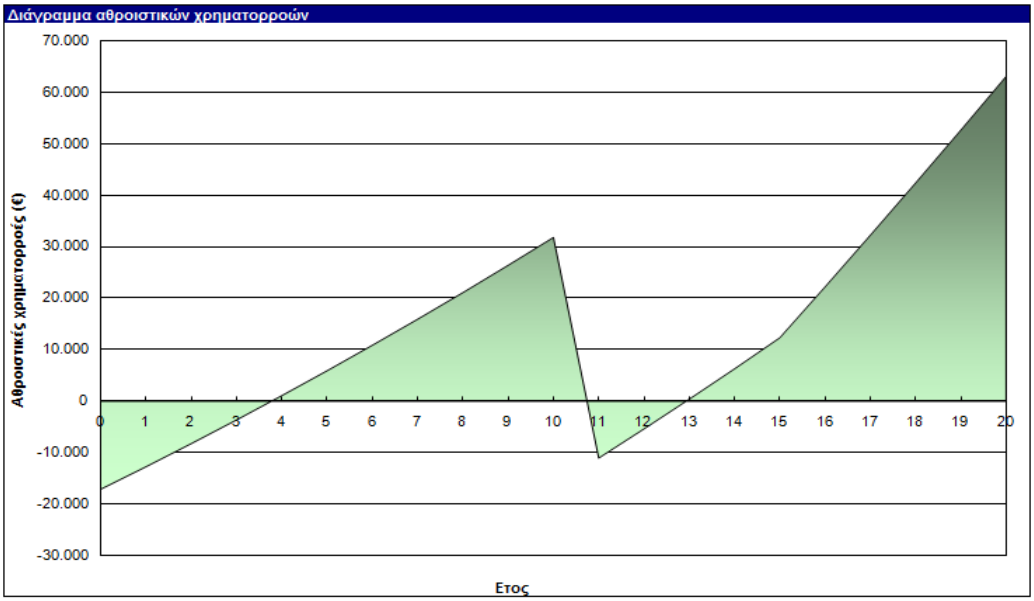
Επιτόκιο αναγωγής στο 10%:

Συγκεκριμένα στο φύλο "Οικονομική Ανάλυση" του προγράμματος RETScreen έχουμε:

- Γενικά:
  - η τιμή του πληθωρισμού στο 3%
  - **το επιτόκιο αναγωγής στο 10%**
  - η διάρκεια ζωής του έργου στα 25 έτη
- Χρηματοδότηση:
  - **Επιδότηση 25%**
  - **τοκοχρεολύσιο της τάξης του 50%**
  - επιτόκιο δανεισμού 8%
  - περίοδος χρέους 15 έτη

Οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας που προκύπτουν είναι:

- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) προ φόρων ανέρχεται στο 21,5%
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) μετά φόρου ανέρχεται στο 21.5%
- ο απλός χρόνος αποληρωμής τα 6,4 έτη
- **ο δείκτης της καθαρής παρούσας αξίας είναι στα 13.068 €**
- οι ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής είναι στα 1.535 €
- η αναλογία οφέλους – κόστους είναι στο 1.38



Εικόνα 10-25: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών

10.7 Συμπεράσματα – Συγκεντρωτικός πίνακας

Δεικτες οικονομικης βιωσημότητας	ΟΧΙ Δάνειο – ΟΧΙ Επιδότηση			30% Δάνειο – ΟΧΙ Επιδότηση			50% Δάνειο – ΟΧΙ Επιδότηση			70% Δάνειο – ΟΧΙ Επιδότηση			50% Δάνειο – 25% Επιδότηση		
Επιτόκιο αναγωγής	6,00 %	8,00 %	10,00 %	6,00 %	8,00 %	10,00 %	6,00%	8,00%	10,00 %	6,00%	8,00 %	10,00 %	6,00 %	8,00 %	10,0 0%
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης IIR (%)	7,70 %	7,70 %	7,70%	8,00 %	8,00 %	8,00%	8,30%	8,30%	8,30%	8,90%	8,90 %	8,90 %	21,5 0%	21,50 %	21,5 0%
Καθαρή παρούσα αξία (NPV) (Χιλιάδες €)	9,5	-1,2	-9,6	-8,2	-0,02	-6,2	7,2	0,8	-4	6,3	1,6	-1,7	24,4	17,9	13

Πίνακας 10-2

Στην παρούσα εργασία έγινε τεχνοοικονομική μελέτη για τις δυνατότητες εγκατάστασης μονάδας ΣΗΘ πολύ μικρής κλίμακας . Σκοπός της μελέτης ήταν να επιτευχθεί εξοικονόμηση καυσίμου, ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύος και πώληση ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο.

Το κύριο συμπέρασμα που εξάγεται είναι ότι η τεχνολογία της Συμπαραγωγής μπορεί να καταστεί βιώσιμη υπό ορισμένες προϋποθέσεις.Ανάλογα με το είδος της χρηματοδότησης και το επιτόκιο αναγωγής που υποδεικνύει κατά πόσο η επένδυση έχει χαμηλό ή υψηλότερο ρίσκο, προκύπτει και η ανάλογη ΚΠΑ, όπως φαίνεται και στον παραπάνω πίνακα, με τις πιο "ασφαλής" επενδύσεις να συνοδεύονται με μεγαλύτερο ποσό ΚΠΑ.

Μετά από μελέτη και σύγκριση διαφορετικών στρατηγικών και σεναρίων για κάθε στρατηγική συμπαραγωγής, με εγκατάσταση εμβολοφόρου μηχανής με καύσιμη ύλη το πετρέλαιο και επιπλέον λέβητα πετρελαίου ο οποίος καλύπτει την αυξημένη ζήτηση ορισμένων χρονικών περιόδων, η στρατηγική που ακολουθείται είναι καλύπτοντας το θερμικό φορτίο. Αυτή η επιλογή αναμενόταν, λόγω της προτεραιότητας που χρειάζεται να δοθεί στη θέρμανση της ξενοδοχειακής εγκατάστασης, ώστε να καλύπτεται συνεχώς η ζήτηση για ζεστό νερό χρήσης και θέρμανση. Αντίθετα, η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να διανεμηθεί και από το κεντρικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας εάν υπάρξει αυξημένη ζήτηση.

Η πώληση της πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο αποδίδει μεγάλα κέρδη όπως αποδείχθηκε από την μελέτη. Πολύ σημαντικός παράγοντας για την βιωσιμότητα των συστημάτων ΣΗΘ αποτέλεσε η αλλαγή του νομοθετικού πλαισίου, ιδιαίτερα με τον νόμο 3851/2010 που εξασφάλισε εγγυημένα εικοσαετή τιμολόγια σε παραγωγούς και συμπαραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας. Η διαδικασία καθώς και ο χρόνος αδειοδότησης έχουν βελτιωθεί αισθητά, κάτι που ευνοεί την τεχνολογία των ΣΗΘ.

Κατά την μελέτη έγιναν διάφορες παραδοχές στον υπολογισμό θερμικών και ηλεκτρικών καταναλώσεων, στη δανειοδότηση κ.λ.π. οι οποίες όμως δεν αποκλίνουν πολύ από την πραγματικότητα. Ως αποτέλεσμα η παρούσα μελέτη αποτελεί ένα αρχικό στάδιο ανάλυσης εφαρμόσιμων στρατηγικών, αλλά απαιτείται πληρέστερος ενεργειακός έλεγχος και οικονομική ανάλυση για λεπτομερέστερα και πιο ακριβή αποτελέσματα. Ένα ακόμη σημαντικός παράγοντας που χρήζει προσοχής είναι η σωστή διαστασιολόγηση της εγκατάστασης και ο υπολογισμός των ενεργειακών καταναλώσεων, έτσι ώστε να μην υπάρχουν σπατάλες. Τα οφέλη των συστημάτων συμπαραγωγής μεγιστοποιούνται όταν λειτουργούν για τα φορτία βάσης και όχι για την κάλυψη φορτίων αιχμής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11ο

Γενικά Συμπεράσματα

Βασικός στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η ανάδειξη της σπουδαιότητας των ανανεώσιμων πηγών για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας σε συνδυασμό με τους παράγοντες που μπορούν με τη μεταβολή τους να καθορίσουν το ρίσκο σε ένα υπο μελέτη έργο.

Στο πρώτο μέρος της εργασίας έγινε προσπάθεια να καταδειχθεί ο σημαντικός ρόλος που διαδραματίζει η αιολική ενέργεια στην παγκόσμια προσπάθεια που γίνεται για στροφή σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας και να αποδειχθεί με στοιχεία η αποδοτικότητα αξιοποίησής της στην χώρα μας.
Το μεν πρώτο επιχειρήθηκε σε θεωρητικό επίπεδο με την παράθεση στοιχείων βασισμένων σε επίσημα στατιστικά, που καταδεικνύουν την ολοένα και μεγαλύτερη διείσδυση των ΑΠΕ την τελευταία δεκαετία αρχικά στις Ηνωμένες Πολιτείες και στην Ευρώπη και στη συνέχεια, στην Ασία και τον υπόλοιπο κόσμο. Μέσα απο αυτά γίνεται φανερό ότι η απόφαση των διαφόρων κυβερνήσεων ανά τον κόσμο είναι ειλλημένη για αξιοποίηση των ΑΠΕ και τα διάφορα νομοθετικά πλαίσια που προωθούνται από τους αρμόδιους φορείς έχουν στόχο να ωθήσουν και να διευκολύνουν τα κράτη προς αυτήν την κατεύθυνση.
Το μεν δεύτερο επιχειρήθηκε να καταδειχθεί με την διενέργεια ενδεικτικής μελέτης για την κατασκευή αιολικού πάρκου στη περιοχή της Κρήτης, καθώς και την προσομοίωση λειτουργίας του για μια χρονική περίοδο 25 ετών, εμφανίζοντας στη πλειοψηφία βιώσιμους οικονομικούς δείκτες, παρά τη διαφοροποίηση αρκετών απο τους παράγοντες διαχείρησης ρίσκου που εξετάσαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο.
Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η εγκατάσταση αιολικών πάρκων στην Ελλάδα μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα, όχι μόνο για την προσπάθεια προστασίας του περιβάλλοντος, κάτι το οποίο άλλωστε αποτελεί την αιτία στροφής προς τις ΑΠΕ, αλλά και για την ελληνική οικονομία. Ωστόσο, παρά το γεγονός πως υπάρχουν όλες οι προυποθέσεις για την μεγαλύτερη αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας, κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει στον βαθμό που θα έπρεπε, καθώς η γραφειοκρατία αποτελεί τον μεγαλύτερο ανασταλτικό παράγοντα για κάθε νέα προσπάθεια. Επομένως κρίνεται αναγκαίο να γίνει προσπάθεια από τις εκάστοτε κυβερνήσεις, αλλά και από όλους τους εμπλεκόμενους φορείς, προκειμένου οι όποιες κωλυσιεργίες που παρατηρούνται κατά την διαδικασία έγκρισης ενός επενδυτικού σχεδίου να εξαλειφθούν προκειμένου η χώρα μας να αποτελεί μια περιοχή ελκυστική για τους νέους επενδυτές.
Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων υπήρξαν βιώσιμα οικονομικά σενάρια.

Στη συνέχεια επιχειρήθηκε αντίστοιχη μελέτη δύο φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων 80KWp και 5 MW με διαξονική βάση οδηγώντας μέσω των βιώσιμων σεναρίων που προέκυψαν, στο συμπέρασμα ότι ο τομέας των φωτοβολταϊκών είναι ένας από τους πλέον ώριμους κλάδους των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η συνεχής βελτίωση των μεθόδων παραγωγής, η πτώση της τιμής των υλικών κατασκευής με την πάροδο των χρόνων και η μεγάλη ηλιοφάνεια που χαρακτηρίζει τον ελληνικό χώρο θα μπορούσε να κάνει τον τομέα των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων άκρως ανταγωνιστικό, ακόμα και σε μεγαλύτερης κλίμακας εγκαταστάσεις. Επίσης, η πιθανή λύση στο πρόβλημα της αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας από τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα ενδυνάμωνε ακόμη περισσότερο τον κλάδο αυτόν.

Όσον αφορά τη συμπαραγωγή, τα επόμενα χρόνια η εγκατάσταση μονάδων τριπαραγωγής σε συνδυασμό με τις ευνοϊκές συνθήκες πώλησης ενέργειας και σε περιοχές με ζήτηση για ψυκτικό φορτίο θα είναι συμφέρουσα. Η δυνατότητα επιδότησης από ευρωπαϊκά προγράμματα και η αλλαγή των σχετικών νόμων θα μπορούσαν να συμβάλουν στην ανάπτυξη των συστημάτων συμπαραγωγής μελλοντικά και να δώσουν κίνητρα για την εγκατάσταση τους. Σε μελλοντικό στάδιο ενδιαφέρον για περαιτέρω μελέτη θα είχε η χρήση ΑΠΕ και άλλων τεχνολογιών, όπως οι κυψέλες καυσίμου που βρίσκονται ακόμη σε πρώιμο στάδιο σε συστήματα συμπαραγωγής και τριπαραγωγής. Η βελτίωση των υφιστάμενων τεχνολογιών μπορεί να οδηγήσει στην επανεξέταση κάποιων παραμέτρων υπό άλλο πρίσμα, ενώ η βελτίωση ή η αντικατάσταση της υπάρχουσας μόνωσης των εγκαταστάσεων έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την ενεργειακή αναβάθμιση των εγκαταστάσεων. Επίσης, η μελέτη άλλων εναλλακτικών στρατηγικών κάλυψης φορτίου, όπως η μικτή

κάλυψη ή η αυτόνομη λειτουργία των συστημάτων που δεν εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία, θα αποτελέσουν ενδιαφέρον σημείο διερεύνησης μελλοντικά. Η αλλαγή της νομοθεσίας και η ύπαρξη κρατικών επιδοτήσεων για την ενίσχυση της παραγωγής ενέργειας από ΣΗΘΥΑ είναι κάποιες από τις ενέργειες που θα δώσουν ώθηση στην εγκατάσταση τους.
Τέλος, η βελτίωση των υλικών και η μείωση του κόστους των διάφορων τεχνολογιών αυξάνοντας ταυτόχρονα την απόδοση τους, θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην ευρεία εφαρμογή της συμπαραγωγής στο μέλλον, με τους καταναλωτές να επωφελούνται από την πώληση της παραγόμενης ενέργειας τους και την αποδέσμευση τους από τα κεντρικά δίκτυα ηλεκτροπαραγωγής.

Συμπερασματικά, όσον αφορά το αιολικό πάρκο δύο περιπτώσεις μη βιώσιμης επένδυσης υπήρξαν.

Η 1η όταν το επιτόκιο αναγωγής υποδέικνυε υψηλού ρίσκου επένδυση, έχοντας τιμή 10%, σε συνδυασμό με την απουσία χρηματοδότησης.
Η 2η με την ύπαρξη χαμηλού τραπεζικού δανείου της τάξης του 30%, και επιτόκιο αναγωγής 10%, που οδήγησε σε αρνητική τιμή της ΚΠΑ.

Αντίθετα οι δυο πιο συμφέρουσες επενδύσεις, προέκυψαν στην περίπτωση που δεν υπάρχει καμία επιδότηση,70% δανειοδότηση και επικρατεί επιτόκιο αναγωγής 6%, και στην περίπτωση που υπάρχει 25% επιδότηση, 50% δάνειο και 6% επιτόκιο αναγωγής.

Για το φωτοβολταϊκό των 80 kW όλες θεωρούνται μη συμφέρουσες επενδύσεις, επιβεβαιώνοντας ταυτόχρονα ότι υψηλό επιτόκιο αναγωγης συνεπάγεται περισσότερο ριψοκίνδυνη επενδυτική κίνηση .

Για το φωτοβολταϊκό των 5 MW παρατηρήθηκαν θετικά αποτελέσματα σε όλες τις περιπτώσεις μόνο όταν επικρατεί επιτόκιο αναγωγής 6%. Πιο συμφέρουσα είναι η περίπτωση που δεν χρησιμοποιεί ο επενδυτής κάποιο δάνειο. Σε όλες τις άλλες τις περιπτώσεις είναι μη βιώσιμη η επένδυση.

Τέλος, και το έργο συμπαραγωγής διαπιστώνεται ότι παρουσιάζει όμοια συμπεριφορά με το φωτοβολταϊκό 5 MW. Ως λιγότερο συμφέρουσα επένδυση αντιμετωπίζεται η περίπτωση που δεν υπάρχει καμία επιδότηση, καμία δανειοδότηση και επιτόκιο αναγωγής 10%, σε περιβάλλον δηλαδή που εμπνέει οικονομική ανασφάλεια.
Περισσότερο συμφέρουσα επένδυση, προκύπτει στην περίπτωση που υπάρχει 25% επιδότηση, 50% δανειοδότηση και το επιτόκιο αναγωγής να είναι 6%.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ : Εμπλεκόμενοι φορείς

Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ γίνεται μια αναφορά στις υπηρεσίες που σχετίζονται με τις ΑΠΕ και οι οποίες είναι, το Υ.Π.Ε.Κ.Α.(Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής),η Ρ.Α.Ε. (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας), .Ε.Η. (ημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού), .Ε...Η.Ε. (ιαχειριστής Ελληνικού ικτύου ιανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας), Λ.Α.Γ.Η.Ε (Λειτουργός Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας).

ΥΠΕΚΑ

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ) δημιουργήθηκε για την αντιμετώπιση των ολοένα εντεινόμενων περιβαλλοντικών προβλημάτων και την υιοθέτηση ενός νέου αναπτυξιακού προτύπου που θα εξασφαλίζει καλύτερες συνθήκες ζωής και δημιουργίας. Σκοπός του η αντιμετώπιση της Κλιματικής Αλλαγής μεταβαίνοντας σε μια ανταγωνιστική οικονομία χαμηλής κατανάλωσης σε άνθρακα.

Οι Βασικοί του στόχοι που σχετίζονται με Α.Π.Ε. είναι:

• Η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας
• Η διασφάλιση στους καταναλωτές, αξιόπιστων και ισότιμων ενεργειακών προϊόντων και υπηρεσιών.
• Η προώθηση πράσινων προϊόντων, προτύπων παραγωγής και κατανάλωσης.
• Η έγκαιρη και αποτελεσματική αντιμετώπιση περιβαλλοντικών κρίσεων.
• Η βελτίωση Ποιότητας ατμόσφαιρας και μείωση του θορύβου.
• Η απλοποίηση και κωδικοποίηση της περιβαλλοντικής νομοθεσίας και ενίσχυση των μηχανισμών εφαρμογής της.
• Η προώθηση της περιβαλλοντικής έρευνας, καινοτόμων τεχνολογιών, και της πρόσβασης στην περιβαλλοντική πληροφορία και γνώση.
• Η χάραξη πολιτικής στον τομέα ενέργειας και αξιοποίησης των ορυκτών πρώτων υλών, η λήψη των εκάστοτε ενδεδειγμένων μέτρων για την υλοποίησή της, καθώς και η εποπτεία όλων των φορέων που σχετίζονται με την ενέργεια και τον ορυκτό πλούτο της χώρας.
• Ο συντονισμός των δράσεων των επιμέρους οργανωτικών μονάδων από τις οποίες συγκροτείται, με σκοπό τον σχεδιασμό, την προώθηση και την εφαρμογή της ενεργειακής, πετρελαϊκής και εξορυκτικής πολιτικής.
• Ο έλεγχος της εφαρμογής των κανονισμών που αφορούν την αδειοδοτική διαδικασία εγκαταστάσεων ηλεκτροπαραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, την μέριμνα και την εισήγηση για τη διαμόρφωση του εθνικού νομοθετικού πλαισίου της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.

ΡΑΕ

Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), η οποία συγκροτήθηκε τον Ιούλιο του 2000, αποτελεί ανεξάρτητη διοικητική αρχή, στην οποία έχει ανατεθεί η παρακολούθηση της αγοράς ενέργειας, όπως αυτή αναπτύσσεται – τόσο μονοσήμαντα στην Ελληνική αγορά - όσο και όπως αυτή λειτουργεί και αναπτύσσεται σε σχέση με τις ξένες αγορές ενέργειας, και ιδίως με αυτές με τις οποίες διασυνδέεται. Η ΡΑΕ συστήθηκε με το ν. 2773/1999 στο πλαίσιο εναρμόνισης με τις οδηγίες 2003/54/ΕΚ και 2003/55/ΕΚ για τον ηλεκτρισμό και το φυσικό αέριο. Με τον ως άνω νόμο, τον εσωτερικό κανονισμό της (Π.. 139/01), και κυρίως με τις τροποποιήσεις του ν. 2773/1999, που ακολούθησαν στη συνέχεια, της δόθηκαν αρμοδιότητες παρακολούθησης και ελέγχου της αγοράς ενέργειας σε όλους τους τομείς, ήτοι στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα, από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και φυσικό αέριο. Περαιτέρω, η ΡΑΕ έχει συγκεκριμένες αρμοδιότητες σε σχέση με την αγορά των πετρελαιοειδών.

Αρχικά, η ΡΑΕ είχε κυρίως γνωμοδοτικές αρμοδιότητες, πλην όμως, σε συμμόρφωση με τις κοινοτικές επιταγές και τις ανάγκες της ενεργειακής αγοράς, με σειρά άλλων νομοθετικών διατάξεων, της δόθηκαν πλείονες αποφασιστικές αρμοδιότητες. Θεμελιώδεις στόχοι που τόσο η

Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και η ελληνική νομοθεσία επιδίωξαν να καλύψουν είναι η ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού της Χώρας, η προστασία του περιβάλλοντος στο πλαίσιο και των διεθνών υποχρεώσεων της Χώρας, η ενίσχυση της παραγωγικότητας και της ανταγωνιστικότητας της εθνικής οικονομίας και η ισόρροπη περιφερειακή ανάπτυξη. Ειδικότερα, η ΡΑΕ έχει γνωμοδοτική αρμοδιότητα στη χορήγηση αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα, με τον δε πρόσφατο νόμο3851/2010, η ΡΑΕ έχει αποφασιστική αρμοδιότητα για τη χορήγηση αδειών από ανανεώσιμες πηγές ενέργειες. Είναι υπεύθυνη να παρακολουθεί τη διασφάλιση πρόσβασης τρίτων στο δίκτυο της χώρας, τη λειτουργία του διασυνδετικού εμπορίου εισαγωγών και εξαγωγών, καθώς και για τον έλεγχο του ότι η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας –όπως αυτή λειτουργεί μέσω του ηλεκτρονικού συστήματος που εκτελεί ο ιαχειριστής του ελληνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, -ο ΕΣΜΗΕ- λειτουργεί ομαλά.
Στην ίδια βάση, γνωμοδοτεί για τη χορήγηση αδειών για τη προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας, πάντα με πρώτο γνώμονα τη προστασία του καταναλωτή. Στο πλαίσιο αυτό, παρακολουθεί την ανάπτυξη και τήρηση κανόνων υγιούς ανταγωνισμού και προστασίας του καταναλωτή και, σε συνεργασία με συναρμόδιους φορείς, δύναται να εκκινήσει διαδικασίες επιβολής κυρώσεων, όταν διαπιστώνεται ότι οι εν λόγω ειδικότερες διατάξεις παραβιάζονται. Οι στόχοι της Ευρωπαϊκής Κοινότητας για την μεγαλύτερη δυνατή ένταξη σταθμών από ανανεώσιμες πηγές ενέργειες (ΑΠΕ) είναι μια από τις ιδιαιτέρως βαρύνουσας σημασίας αρμοδιότητες της Αρχής. Για το λόγο αυτό, ενώ έως πρόσφατα η ΡΑΕ είχε απλή γνωμοδοτική αρμοδιότητα, τώρα πλέον έχει αποφασιστική αρμοδιότητα στην χορήγηση αδειών παραγωγής από ΑΠΕ. Το γεγονός αυτό, θέτει ένα εντελώς νέο σχήμα λειτουργίας της εν λόγω αγοράς – και ιδίως σε συσχέτιση με την περιβαλλοντική αδειοδότηση – το οποίο κρίνεται αναγκαίο να λειτουργήσει αποτελεσματικά, δεδομένων των διεθνών υποχρεώσεων της χώρας μας για αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.
Στον τομέα του φυσικού αερίου, η Αρχή πέραν της παρακολούθησης της τήρησης των υγιών κανόνων ανταγωνισμού, γνωμοδοτεί –μεταξύ άλλων - για τη χορήγηση αδειών προμήθειας, διαχείρισης και κυριότητας ανεξάρτητων συστημάτων φυσικού αερίου. Με πρόσφατες νομοθετικές ρυθμίσεις, η ΡΑΕ είναι αρμόδια και για τη διασύνδεση του ελληνικού συστήματος φυσικού αερίου με άλλες χώρες, καθώς και για τον τρόπο δυνατότητας ανάπτυξης αυτού, σε συνεργασία με τους αντίστοιχους ρυθμιστές. Η παρακολούθηση της τιμολόγησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και η αρμοδιότητα της ΡΑΕ είτε να θεσπίσει αρχές και κανόνες, είτε να γνωμοδοτήσει σχετικά, συνιστά μείζονος σημασίας αρμοδιότητα, η άσκηση της οποίας προϋποθέτει σφαιρική και βέβαιη αντίληψη των δεδομένων που επικρατούν στην αγορά. Στο ίδιο πλαίσιο, η αρμοδιότητα της Αρχής για οριοθέτηση των ΥΚ (Υπηρεσιών Κοινής φέλειας) και Κοινωνικού Τιμολογίου (ΚΟΤ) , για παρακολούθηση των τιμολογίων τόσο στον τομέα του ηλεκτρισμού όσο και του φυσικού αερίου, καθίσταται μείζονος σημασίας.

ΑΜΗΕ

Ο Ανεξάρτητος διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΜΗΕ) Α.Ε. Αποτελεί 100% θυγατρική εταιρεία της ΕΗ Α.Ε. η οποία συστάθηκε σε συμμόρφωση με τις διατάξεις τις Οδηγίας 2009/72/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με το νομικό και λειτουργικό διαχωρισμό των μονοπωλιακών δραστηριοτήτων Μεταφοράς και ιανομής των καθετοποιημένων επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στον κλάδο της ενέργειας. Οι διατάξεις αυτές ενσωματώθηκαν στην ελληνική νομοθεσία μέσω του Ν. 4001/2011, βάσει του οποίου ο ΑΜΗΕ ιδρύεται ως θυγατρική εταιρεία της ΕΗ σύμφωνα με το μοντέλο του Ανεξάρτητου ιαχειριστή Μεταφοράς (ΑΜ) όπως αυτό προβλέπεται στην παραπάνω Οδηγία. Βάσει των διατάξεων του Ν. 4001/2011, ο ΑΜΗΕ αναλαμβάνει το ρόλο του ιαχειριστή του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΣΜΗΕ) και συγκεκριμένα τα καθήκοντα λειτουργίας, συντήρησης και ανάπτυξης του ΕΣΜΗΕ ενσωματώνοντας τα αντίστοιχα καθήκοντα και λειτουργίες που αποτελούσαν αρμοδιότητα του ΕΣΜΗΕ ως ιαχειριστή του Συστήματος και της Γενικής ιεύθυνσης Μεταφοράς της ΕΗ ως Κυρίου του Συστήματος. Ως εκ τούτου ο ΑΜΗΕ συστάθηκε κατόπιν ενσωμάτωσης των αντίστοιχων Κλάδων Μεταφοράς της ΕΗ και του ΕΣΜΗΕ σε μία διακριτή εταιρεία στην οποία μεταφέρθηκαν όλες οι σχετικές οργανωτικές λειτουργίες, το προσωπικό και τα πάγια στοιχεία του ΕΣΜΗΕ και καθίσταται, βάσει του Ν. 4001/2011 καθολικός διάδοχος όλων των δικαιωμάτων και υποχρεώσεων που σχετίζονται με τους παραπάνω Κλάδους Μεταφοράς. Ως ιαχειριστής του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΣΜΗΕ) ο ΑΜΗΕ έχει σαν αποστολή τη διασφάλιση του εφοδιασμού της χώρας με ηλεκτρική ενέργεια με

τρόπο ασφαλή, αποδοτικό και αξιόπιστο, προωθώντας την ανάπτυξη του ελεύθερου ανταγωνισμού στην Ελληνική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και εξασφαλίζοντας την ισότιμη μεταχείριση των Χρηστών του ΕΣΜΗΕ.

ΛΑΓΗΕ

Ο Λειτουργός της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε. (ΛΑΓΗΕ ΑΕ) ιδρύθηκε με βάση το ν. 4001/2011 για τη 'Λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις' (ΦΕΚ 179/22-8-2011) και ασκεί τις δραστηριότητες που ασκούνταν από τη 'ιαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας ΑΕ' (ΕΣΜΗΕ ΑΕ), πλην εκείνων που κατά το άρθρο 99 του ν.4001/2011 μεταφέρονται στην 'Ανεξάρτητος ιαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας ΑΕ' (ΑΜΗΕ ΑΕ).
Ο ΛΑΓΗΕ εφαρμόζει τους κανόνες για τη λειτουργία της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας σύμφωνα με τις διατάξεις του νόμου 4001/2011 και των κατ' εξουσιοδότηση αυτού εκδιδομένων πράξεων και ιδίως τον Ημερήσιο Ενεργειακό Προγραμματισμό.

Στο πλαίσιο του σκοπού του, ο Λειτουργός της Αγοράς ασκεί, ιδίως, τις ακόλουθες αρμοδιότητες:
• Προγραμματίζει τις εγχύσεις ηλεκτρικής ενέργειας στο ΕΣΜΗΕ, καθώς και τις απορροφήσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε αυτό, κατά τα προβλεπόμενα στον Κώδικα Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας.
• Υπολογίζει την Οριακή Τιμή Συστήματος.
• Εκκαθαρίζει τις συναλλαγές στο πλαίσιο του Ημερήσιου Ενεργειακού Προγραμματισμού.
• Συνεργάζεται με τον ιαχειριστή του ΕΣΜΗΕ σύμφωνα με τις ειδικότερες προβλέψεις του Κώδικα Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας και του Κώδικα ιαχείρισης του ΕΣΜΗΕ.
• Τηρεί ειδικό Μητρώο Συμμετεχόντων στην Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας και εγγράφει τους Συμμετέχοντες, σύμφωνα με τις ειδικότερες διατάξεις του Κώδικα Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας.
• Παρέχει έγκαιρα και με κάθε πρόσφορο τρόπο στους Συμμετέχοντες στην Αγορά αυτή Ηλεκτρικής Ενέργειας τις απαραίτητες πληροφορίες για τη συμμετοχή τους στην Αγορά.
• Αποφεύγει κάθε διάκριση μεταξύ των Συμμετεχόντων στην Αγορά Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας και εφαρμόζει κατά την παροχή των υπηρεσιών του διαφανή, αντικειμενικά και αμερόληπτα κριτήρια.
• Συμμετέχει σε κοινές επιχειρήσεις, ιδίως με διαχειριστές συστημάτων μεταφοράς, καθώς και χρηματιστήρια ηλεκτρικής ενεργείας και άλλους ανάλογους φορείς, με στόχο τη δημιουργία περιφερειακών αγορών στο πλαίσιο της εσωτερικής αγοράς ενέργειας.
• Εισπράττει από τους Συμμετέχοντες τέλη για τη διαχείριση και λειτουργία της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας και τηρεί τους αναγκαίους λογαριασμούς, σύμφωνα με τις ειδικότερες προβλέψεις του Κώδικα Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας.
• Συμμετέχει σε ενώσεις, οργανώσεις ή εταιρείες, μέλη των οποίων είναι λειτουργοί αγορών ηλεκτρικής ενέργειας και χρηματιστήρια ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες έχουν σκοπό την επεξεργασία και διαμόρφωση κανόνων κοινής δράσης που συντείνουν, στο πλαίσιο της κοινοτικής νομοθεσίας, στη δημιουργία ενιαίας εσωτερικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.
• Συνάπτει συμβάσεις πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τα προβλεπόμενα στο άρθρο 12 του ν. 3468/2006 που παράγονται από εγκαταστάσεις ΑΠΕ ή ΣΗΘΥΑ, εφόσον οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνδέονται στο Σύστημα είτε απευθείας είτε μέσω του ικτύου, και καταβάλει τις πληρωμές που προβλέπονται στις συμβάσεις αυτές. Τα ποσά που καταβάλλονται στους αντισυμβαλλόμενους ανακτώνται κατά τα προβλεπόμενα στο άρθρο 143 του Ν. 4001/2011.
• Διενεργεί τη διευθέτηση των χρηματικών συναλλαγών στο πλαίσιο του Ημερήσιου Ενεργειακού Προγραμματισμού σε συνεργασία με τους ιαχειριστές του ΕΣΜΗΕ και του ΕΗΕ. Για τη διενέργεια της διευθέτησης των χρηματικών συναλλαγών, ο Λειτουργός της Αγοράς δύναται:
• Συστήνει ή να συμμετέχει σε εταιρείες με εξειδικευμένο σκοπό την παροχή χρηματοοικονομικών υπηρεσιών.
• Να αναθέτει σε τρίτους, μετά από σύμφωνη γνώμη της ΡΑΕ, την ως άνω διευθέτηση, ιδίως αναφορικά με τη διαχείριση και εκκαθάριση χρηματικών συναλλαγών και τη διαχείριση πιστωτικού

και συναλλακτικού κινδύνου, στο πλαίσιο της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.
Κατά την εκτέλεση των καθηκόντων του, ο Λειτουργός της Αγοράς διευκολύνει κατά κύριο λόγο την ολοκλήρωση της ενιαίας εσωτερικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και για το σκοπό αυτόν αναλαμβάνει κάθε αναγκαία ενέργεια, στο πλαίσιο των αρμοδιοτήτων που του ανατίθενται με τον νόμο 4001/2011, προκειμένου να διασφαλίζεται η εφαρμογή των προβλέψεων του Κανονισμού 714/2009, της Οδηγίας 72/2009 και όλων των σχετικών κατευθύνσεων και αποφάσεων που εκδίδονται από τα αρμόδια όργανα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
Η ΛΑΓΗΕ Α.Ε. έγινε πλήρες μέλος του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Χρηματιστηρίων Ενέργειας (EuroPEX), μετά από σχετική ομόφωνη απόφαση της Γενικής Συνέλευσης του EuroPEX στις 11 Μαΐου του 2012 στη Βιέννη. Ο EuroPEX είναι ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός των Ευρωπαϊκών Χρηματιστηρίων Ενέργειας ο οποίος εκπροσωπεί τα συμφέροντα των Χρηματιστηρίων Ενέργειας που λειτουργούν τις χονδρεμπορικές αγορές ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικού αερίου και δικαιωμάτων εκπομπών, και υλοποιούν μηχανισμούς περιβαλλοντικών και ενεργειακών πολιτικών, στα πλαίσια του σχεδιασμού του Ευρωπαϊκού νομοθετικού πλαισίου και παρέχει μια πλατφόρμα συζήτησης σε Ευρωπαϊκό επίπεδο.
Ο EuroPEX ιδρύθηκε το 2002 και περιλαμβάνει τα ακόλουθα μέλη: APX (Amsterdam Power Exchange, Ολλανδία), Borzen (Σλοβενία), EEX (European Energy Exchange, Γερμανία), GME (Gestore Mercato Elettrico, Ιταλία), Nord Pool ASA (Νορβηγία), OMEL (Operador del Mercado Electrico, Ισπανία), Powernext (Γαλλία), OTE (Τσέχικη ημοκρατία), ENDEX (European Energy Derivatives, Ολλανδία), EXAA (Αυστρία), Polpx (Πολωνία), OPCOM (Ρουμανία), OMIP (Πορτογαλία), Belpex (Βέλγιο), Nord Pool Spot (Νορβηγία), HUPX (Ουγγαρία), CEGH A.G. (Αυστρία), OKTE S.A. (Σλοβακία), SEMO (Ιρλανδία) και ΛΑΓΗΕ Α.Ε. (Ελλάδα).

ΕΗΕ

Το ιοικητικό Συμβούλιο της ΕΗ Α.Ε., κατά τη συνεδρίασή του στις 12 Οκτωβρίου 2010, ενέκρινε όλες οι δραστηριότητες της ιανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας, τόσο της διαχείρισης του δικτύου όσο και της παροχής των υπηρεσιών δικτύου στο σύνολο της χώρας, καθώς και οι δραστηριότητες του ιαχειριστή Μη ιασυνδεδεμένων Νησιών, που ασκούνται σήμερα από τη ΔΕΗ Α.Ε., να περιέλθουν σε μία κατά 100% θυγατρική εταιρεία της ΕΗ Α.Ε. . Η ΕΗΕ Α.Ε. (ιαχειριστής του Ελληνικού ικτύου ιανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας) συστάθηκε με την απόσχιση του κλάδου ιανομής της ΕΗ Α.Ε. σύμφωνα με το Ν. 4001/2011 και σε συμμόρφωση με την Οδηγία 2009/72/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σχετικά με την οργάνωση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας, με σκοπό να αναλάβει τα καθήκοντα του ιαχειριστή του Ελληνικού ικτύου ιανομής. Είναι κατά 100% θυγατρική εταιρεία της ΕΗ Α.Ε., ωστόσο είναι ανεξάρτητη λειτουργικά και διοικητικά, τηρώντας όλες τις απαιτήσεις ανεξαρτησίας που ενσωματώνονται στο παραπάνω νομικό πλαίσιο. Έργο της είναι η λειτουργία , η συντήρηση και η ανάπτυξη του δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα και η διασφάλιση της διαφανούς και αμερόληπτης πρόσβασης των καταναλωτών και γενικότερα όλων των χρηστών του δικτύου.
Η ΕΗΕ Α.Ε. θα είναι ο διαχειριστής του Ελληνικού δικτύου διανομής ΗΕ (ΕΗΕ) έχοντας λάβει από τη ΡΑΕ σχετική Άδεια ιαχείρισης. Με την άδεια αυτή θα καθορίζονται, μεταξύ άλλων, τα αναγκαία μέτρα για τη διασφάλιση της ανεξαρτησίας, της αμεροληψίας και της μη διακριτής συμπεριφοράς της ΕΗΕ ΑΕ έναντι όλων των χρηστών του ικτύου. Η κυριότητα του ΕΗΕ παραμένει στη ΕΗ, η οποία έχει ήδη λάβει σχετική Άδεια Αποκλειστικότητας. Είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη, τη λειτουργία και τη συντήρηση, υπό οικονομικούς όρους του ΕΗΕ ώστε να διασφαλίζεται η αξιόπιστη, αποδοτική και ασφαλής λειτουργία του, καθώς και η μακροπρόθεσμη ικανότητά του να ανταποκρίνεται σε εύλογες ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας, λαμβάνοντας τη δέουσα μέριμνα για το περιβάλλον και την ενεργειακή αποδοτικότητα, καθώς και για τη διασφάλιση, κατά τον πλέον οικονομικό, διαφανή, άμεσο και αμερόληπτο τρόπο, της πρόσβασης των χρηστών (δηλαδή των Παραγωγών, των Προμηθευτών και των Πελατών) στο ΕΗΕ, προκειμένου να ασκούν τις δραστηριότητές τους, σύμφωνα με την Άδεια ιαχείρισης του ΕΗΕ και τον Κώδικα ιαχείρισης του ΕΗΕ.
Η διαχείριση των ηλεκτρικών συστημάτων των ΜΝ πλέον της διαχείρισης του ικτύου, περιλαμβάνει τη διαχείριση της παραγωγής και τη λειτουργία της αγοράς των συστημάτων των νησιών αυτών. Για την άσκηση της δραστηριότητας αυτής, η ΕΗΕ ΑΕ υποχρεούται να λάβει άδεια ιαχείρισης ηλεκτρικών συστημάτων των ΜΝ, η οποία χορηγείται από τη ΡΑΕ και με την αυτήν καθορίζονται μεταξύ άλλων, οι υποχρεώσεις και τα δικαιώματα της ΕΗΕ ΑΕ σχετικά με την άσκηση της δραστηριότητας αυτής, οι όροι και οι προϋποθέσεις που απαιτούνται για την άσκηση της δραστηριότητας αυτής καθώς και τα αναγκαία μέτρα

διασφάλισης της αμερόληπτης και της χωρίς διακρίσεις συμπεριφοράς της ΕΗΕ ΑΕ έναντι των Παραγωγών και των Προμηθευτών.

ΟιΑρμοδιότητες της ΕΗΕ Α.Ε. είναι οι ακόλουθες:
• Η ικανοποίηση αιτημάτων των χρηστών
• Οι Νέες Συνδέσεις Καταναλωτών και Παραγωγών
• Η Τροποποίηση Παλαιών Παροχών (Επαύξηση ισχύος υπαρχουσών Συνδέσεων)
• Οι Μετατοπίσεις ικτύων
• Η Ανάπτυξη του ικτύου
• Οι ενισχύσεις, βελτιώσεις και εκσυγχρονισμός του ικτύου
• Η Κατασκευή Κέντρων ιανομής και Γραμμών 150Κν
• Οι εργασίες Εκμετάλλευσης του ικτύου
• Η Λειτουργία του ικτύου ιανομής
• Η Επιθεώρηση και Συντήρηση του δικτύου
• Η Αποκατάσταση βλαβών
• Η Εξυπηρέτηση των χρηστών δικτύου στα γραφεία
• Η Καταμέτρηση των καταναλώσεων
• Η ομαλή και αποδοτική λειτουργία της Αγοράς Ηλεκτρισμού στο επίπεδο των δικτύων
• Η αξιόπιστη και οικονομική λειτουργία των αυτόνομων νησιωτικών ηλεκτρικών συστημάτων

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ι.Ε. Φραγκιαδάκης, «Φωτοβολταϊκά Συστήματα», 3η Έκδοση, Εκδόσεις Ζήτη, 2009.

2. www.hellapco.gr (Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών)

3. www.ypeka.gr

4. www.rae.gr

5. www.admie.gr

6. www.deddie.gr

7. www.lagie.gr

8. www.retscreen.net

9. Α. Καρύδη, «Μελέτη και οικονομική αξιολόγηση μονάδων συμπαραγωγής», Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και ιοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2013.

10. Ι. Κατσίγιαννης, «Βελτιστοποίηση ομής και Οικονομική Αξιολόγηση Απομονωμένου Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας που Βασίζεται σε Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας», Διδακτορική ιατριβή, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και ιοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2008.

11. Μ. Μπαρμπαρήγου , «Οικονομοτεχνική Μελέτη Αιολικού Πάρκου στη υτική Κρήτη με τη Χρήση Των λογισμικών WASP ΚΑΙ RETSCREEN», Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και ιοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2011.

12. Κωνσταντίνος Ζοπουνίδης, «Βασικές Αρχές και Σύγχρονα Θέματα του Χρηματοοικονομικού Μάνατζμεντ», Εκδόσεις "Κλειδάριθμος",2003, Ανατύπωση 2004.

13. Α. Τσικαλάκης, «Σημειώσεις Εργαστηρίου: Τεχνολογίες Σύζευξης Ενεργειακών Συστημάτων», Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Κρήτης, 2011.

14. Οικονομοτεχνική προσφορά για ένα έργο 79,99 kW στο νομό Χανίων, www.km-energy.gr (K&M Ενεργειακή).

15. Εγχειρίδιο Συναρμολόγησης για το σύστημα διαξονικής ιχνηλάτισης ATLAS 150 SOLAR TRACKER, www.mechatron.eu, (MECHATRON ABEE)

16. www.plasisgroup.com (PLASIS ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ Α.Ε.)

17. Εγχειρίδιο SMA, SUNNY TRIPOWER 10000TL/12000TL/15000TL/17000TL, www.smahellas.com/el.html.

18. Εγχειρίδιο Suntech, Pluto 255-250-245,EN-STD-Wdm-NO1.01-Rev 2012, www.suntechpower.com.

19. el.wikipedia.org